



**Universidad**  
Zaragoza

## **MÁSTER EN CONTABILIDAD Y FINANZAS**

### **Análisis de la eficiencia de las Universidades Federales de Brasil y factores determinantes**

**FREIRE BARROS DIAS, HUGO**

Directora: Isabel Brusca

Facultad de Economía y Empresa

2018

**Autor del trabajo:** Hugo Barros Dias Freire

**Directora del trabajo:** Isabel Brusca

**Título del trabajo:** Análisis de la eficiencia de las Universidades Federales de Brasil y factores determinantes.

**Title of the Project:** Analysis of the efficiency of Federal Universities of Brazil and determinant factors

**Titulación a la que está vinculado:** Máster en Contabilidad y Finanzas.

#### ABSTRACT

This paper analyzes the efficiency of the Federal Universities of Brazil in the temporary period of 2009 to 2016. Specifically, it aims to evaluate its efficiency and the influence that internal and external factors have on the level of performance. For this, firstly, the DEA analysis (Data Envelopment Analysis) is applied to evaluate the technical efficiency of the 55 Universities of the country, using both the static model of variable and dynamic returns. Secondly, the impact of some internal and external variables on the efficiency levels is analyzed, applying the methodology of Generalized Estimation Equations (GEE). The results show that the universities achieve an average efficiency of 91.58%, although larger universities have efficiency levels above the average. In relation to the impact of explanatory factors, the percentage of doctors in each university has a positive impact on these levels of efficiency. On the other hand, the population has a negative influence, so that the Universities of areas with a population inferior to 7.857.938 have better performances.

## RESUMEN

Este trabajo analiza la eficiencia de las Universidades Federales de Brasil de carácter presencial en el periodo temporal de 2009 a 2016. Concretamente, se pretende evaluar su eficiencia y la influencia que tienen determinados factores internos y externos sobre el nivel de desempeño. Para ello, en primer lugar, se aplica el análisis DEA (Análisis Envolvente de Datos) para evaluar la eficiencia técnica de las 55 Universidades del país, utilizando tanto el modelo estático de rendimientos variables como el dinámico. En segundo lugar, se analiza el impacto de algunas variables internas y externas en los niveles de eficiencia, aplicando la metodología de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE). Los resultados evidencian que las Universidades alcanzan una eficiencia media del 91.58%, si bien las Universidades de mayor tamaño tienen niveles de eficiencia por encima de la media. En relación al impacto de los factores explicativos, el porcentaje de doctores que hay en cada Universidad incide positivamente en dichos niveles de eficiencia. Por otro lado, la población influye negativamente, de modo que las Universidades de zonas con población inferior a 7.857.938 tienen mejores desempeños.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA PREVIA .....	7
3.METODOLOGÍA .....	12
3.1 EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA).....	12
3.2 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST.....	14
3.3 DEA DINÁMICO .....	15
3.3.1 FRONTERA DE POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN.....	16
3.3.2 FUNCIÓN OBJETIVO Y EFICIENCIA .....	17
3.4 ECUACIONES DE ESTIMACIÓN GENERALIZADAS .....	18
3.5 MUESTRA Y VARIABLES .....	19
4. RESULTADOS .....	23
4.1 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA. RESULTADOS EMPÍRICOS MODELO DEA ESTÁTICO RENDIMIENTO VARIABLE DE ESCALA.....	23
4.2 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA. RESULTADOS EMPÍRICOS MODELO DEA DINÁMICO RENDIMIENTOS VARIABLES DE ESCALA .....	30
4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE REGIONES.....	34
4.4 FACTORES EXPLICATIVOS DE LA EFICIENCIA DE LAS UNIVERSIDADES FEDERALES .....	37
5. CONCLUSIONES .....	42
REFERENCIAS .....	45
ANEXOS.....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

La implantación de herramientas de gestión en las entidades sin ánimo de lucro es un aspecto fundamental para controlar cómo están siendo utilizados los recursos aportados y los servicios generados. En las universidades públicas, la calidad y productividad universitaria es un tema de interés para los usuarios, especialmente teniendo en cuenta que el binomio eficiencia y cobertura de la educación superior es algo constantemente evaluado (Suescún et al, 2017). Académicamente, medir la eficiencia en instituciones educativas, en cierto modo, es identificar niveles de eficiencias aceptables, dadas las distintas actividades y peculiaridades que cada universidad suele tener.

En Brasil, las universidades públicas contribuyen de forma importante en el desarrollo de la educación superior del país, y como consecuencia generan avances en términos de formación e investigación que permiten beneficios económicos (directos e indirectos) para la sociedad. Las Universidades Federales representan más de la mitad de la enseñanza superior pública de Brasil, según datos del Instituto Nacional de Investigación y Estadística (INEP), (en promedio representan el 60% del total de universidades públicas). En términos numéricos, dentro de las universidades públicas: 68 son Universidades Federales, 39 Universidades Estatales y 6 Universidades Municipales.

El hecho de ser Universidades Federales, indica que son sostenidas financieramente por el gobierno central de Brasil, a través de la recaudación de impuestos de la sociedad, vinculados o no a la educación. De acuerdo con el ranking de las universidades de Brasil (RUF, 2017), las Universidades Federales suelen estar mejor evaluadas en enseñanza, investigación y reputación en el mercado laboral, por tanto, tienen una importancia fundamental para toda la población.

Tal como se constata en trabajos previos, el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA, en inglés) es útil para evaluar la gestión y eficiencia de las universidades (Fernández et al, 2013). El primer autor que utilizó este método, en la evaluación de Colegios en Estados Unidos, fue Rhodes, en 1978, con su tesis doctoral. Con el paso de las décadas, varios autores han hecho uso de dicha herramienta. La principal ventaja es la elección de varios input y outputs que pueden ser expresadas en distintas unidades de medidas. Evita la imposición de una forma funcional para evaluar

las unidades y asigna ponderaciones a input y output, evitando el carácter subjetivo del evaluador (Buitrago et al, 2017).

En este sentido, el DEA puede ser útil para la medición de la eficiencia relativa de cada Universidad Federal considerada en el estudio, generando la posibilidad de comparación entre ellas.

Mediante este trabajo pretendemos desarrollar fundamentalmente dos objetivos:

- 1) Evaluar el desempeño inter temporal de las Universidades Federales brasileñas presenciales desde el año 2009 hasta 2016 a través de los valores de eficiencia individuales.

- 2) Determinar los factores de contexto que influyen en los niveles de eficiencia/ineficiencia alcanzados por cada Universidad.

Para llevar a cabo los objetivos planteados, en primer lugar, se aplica el DEA basándose en el modelo propuesto por Charnes et al. (1978), considerando la eficiencia determinada por la frontera de producción calculada a partir de la suma ponderada de outputs e inputs. Posteriormente, se utiliza el modelo dinámico desarrollado por Sengupta (1995), que verificó la eficiencia dinámica a través de la variación del input capital en el tiempo con relación a los cambios generados en los precios. Complementando la idea, Fare y Grosskopf (1996) proponen una frontera de producción dinámica utilizando un output intermedio que conecta los procesos de producción por años. Por último, Tone y Tsutui (2010) hacen una innovación en el modelo con carry-over con el objetivo de estimar la frontera de producción a lo largo del tiempo.

En segundo lugar, se aplica un modelo de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE) con la finalidad de observar los factores del entorno que influyen en dichos niveles de eficiencia/ineficiencias encontrados.

El estudio contribuye en el análisis de la evolución de la eficiencia de las universidades federales de Brasil en los últimos años, así como en el estudio de los factores que inciden en la misma. Además, puede servir para ofrecer una reflexión a los gobiernos y a la sociedad brasileña, en aras a mejorar la eficiencia, teniendo en cuenta qué factores pueden influir en dichos niveles de desempeño. Así pues, cualquier intento de mejorar el binomio eficiencia y servicio prestado para la sociedad es formidable para

el desarrollo económico del país. De hecho, la educación es una de las matrices fundamentales para el país.

La estructura del trabajo es la siguiente: el apartado 2 presenta una revisión de los antecedentes empíricos; en el 3 se describe la metodología utilizada en el estudio, la muestra y variables utilizadas; en el apartado 4 se analizan los resultados obtenidos, y, por último, el 5 recoge las principales conclusiones sobre el tema analizado.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA PREVIA

La literatura contiene diversidad de trabajos que analizan la eficiencia de las universidades, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Un aspecto importante recogido en la literatura previa es la definición de la eficiencia, que tal como señala Gómez Sancho (2010, p.3), puede entenderse como el coste mínimo de obtener un nivel dado de producción o servicio, con una combinación de factores de producción dada (orientación de input). A este respecto, hay que tener en cuenta que las actividades productivas generadas en las instituciones de educación superior poseen como objetivos principales la docencia y la investigación, esta última con un carácter intangible de los bienes producidos.

Un estudio realizado por Mancebon y Muniz (2003) muestra las características inherentes al sector productivo de la educación, entre las que destacamos: i) la participación del cliente en el proceso productivo, es decir, el cliente (alumno) no solo demanda el producto, sino que toma actitud en el proceso productivo; ii) la heterogeneidad de los servicios, por ser parte del proceso productivo los alumnos, las unidades productivas son distintas entre sí; iii) la dimensión temporal – los resultados del proceso productivo pueden no ser suficientes para una medición completa de la producción de la educación, dado que hay que observar el recorrido completo de la vida de los estudiantes; iv) algunos factores exógenos pueden influir en el proceso, es decir, características que inciden en la educación adquirida, como la educación obtenida por las experiencias fuera del ámbito de la universidad.

Los input o entradas, tales como recursos humanos, materiales, físicos y financieros son empleados simultáneamente sin distinción para generar diversos output o

salidas conjuntamente; un ejemplo es la figura del docente con tareas de enseñanza e investigación.

En la literatura económica, principalmente a nivel internacional, se han analizado diversos factores de inputs y outputs universitarios, constatando que esta elección resulta crucial y determinante en los resultados alcanzados. Es primordial definir qué variables asumimos como adecuadas para aceptar los resultados de la evaluación de la eficiencia.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es si se comparan instituciones universitarias y sus características como un todo, o si se realiza por centros y departamentos. De acuerdo con Urueña y Martín (2012) se debe tener en cuenta las universidades seleccionadas en la muestra, pues pueden no ser homogéneas entre sí, sino muy distintas por su especialización docente e investigadora, según las áreas del conocimiento, ciencias sociales, ciencias experimentales y ciencias de la salud.

En el ámbito de los departamentos, puede destacarse el trabajo de Pina y Torres (1995), en el que se analiza la evaluación de rendimientos de los departamentos de contabilidad de las universidades españolas. Otro trabajo realizado en el ámbito de los departamentos es el de Martín (2003), que aplica el DEA en los departamentos de la Universidad de Zaragoza.

Con un enfoque más global, pueden mencionarse los trabajos de Duch (2006) y Parellada y Duch (2006), que analizan las 47 Universidades públicas presenciales en España para el año académico 2002/03, o Duch y Brown (2010), que hacen el estudio de 46 Universidades públicas españolas en el curso 2004/05. Kaoa Hungb (2006) aplican DEA en la Universidad Nacional Cheng Kung, evaluando 41 Facultades de Taiwan: Johnes (2006) analiza 49 Universidades de Reino Unido, y Agasisti y Pérez (2009) comparan la eficiencia de 60 Universidades italianas y 47 españolas. Fernández – Santos et al. (2013) evalúan la eficiencia de 39 Universidades públicas españolas.



En la tabla 1 se recoge un resumen de los principales trabajos sobre eficiencia de las universidades y las variables utilizadas en los mismos.

Como puede observarse, hay cierta similitud entre los autores al seleccionar las variables. Teniendo en cuenta las universidades analizadas y la disponibilidad de los datos, se hacen las adaptaciones necesarias.

Evidentemente, hay también inconvenientes y dificultades para llevar a cabo el análisis de la eficiencia, que deben ser tenidos en cuenta a la hora de analizar los resultados y las posibles consecuencias y actuaciones que se deriven de ellos. A modo de ejemplo, nos referimos a los tres más relevantes para evidenciar las dificultades que deben ser tenidas en cuenta en el análisis. Como muy bien señala Gómez Sancho (2010), el primero es que los inputs y output deben ser medibles y medidos. En segundo lugar, asumimos que para todas las DMU (Decision Making Units) las unidades de cada input y output son las mismas. Por último, el saber qué variables están bajo control y cuáles no, de la toma de decisiones, puede influir en el análisis.

Los principales métodos utilizados en los estudios son: métodos con rendimientos con escala constante, también denominado CCR, y métodos con rendimientos variables, BCC.

Tabla 1. Trabajos previos sobre eficiencia en Universidades.

Autor/es	Objeto de estudio	Inputs (Entradas)	Outputs (Salidas)	Modelos
Ahn, Chanes y Cooper (1988)	Universidades de EUA	Sueldos, Transferencias del gobierno para la investigación, gastos administrativos e inversión total en equipamiento	Matriculas en programas de grado, matriculas en programas de posgrado, financiación privada de la investigación	DEA - CCR
Ahn y Seiford (1993)	Instituciones públicas y privadas de EUA	Salarios de los profesores, inversión física, gastos generales	Alumnos de licenciatura graduados, alumnos de posgrados graduados, subvenciones	DEA - CCR y BCC
Pina y Torres (1995)	Evaluación de rendimiento de los departamentos de contabilidad de las universidades españolas	profesorado en exclusiva, profesores a tiempo parcial, ordenadores y coste de libros y revistas por profesor	Libros, artículos, ponencia en congresos y carga docente	DEA - 8 series distintas (alternando los indicadores)
Chalos (1997)	207 escuelas de Illinois EUA	Gastos operativos, docentes por alumnos, tasa de asistencia de alumnos, porcentaje de maestros con máster, años de experiencia docente, porcentaje de ingreso.	Nota en las Evaluaciones	BCC orientado a entradas
Díaz y Palacios (2003)	476 centros públicos de educación de Colombia	Costos anuales por alumno, costos de personal administrativos, costo de material por alumno e material no asociado con el proceso	Notas medias de los alumnos y número de alumnos en las asignaturas, nota media final	DEA
Abbott y Doucoliagos (2003)	36 universidades públicas australianas	Número total de personal académico Tiempo completo, numero de personal no académico a tiempo completo, gastos corrientes salvo la retribución de personal	Número de estudiantes equivalente a tiempo completo, número de programas ofertados de doctorado y posgrado, numero de titulaciones otorgados en grado y posgrado, asignación de investigaciones, gastos en investigaciones	DEA

Martin (2003)	Departamentos de la Universidad de Zaragoza	PDI doctores y no doctores, recursos financieros y recursos materiales	Número de estudiantes matriculados, programa de posgrado ofrecidos, tesis leídas en el último año, citas en investigaciones anuales y, computo de las actividades de investigación del departamento	DEA
Johnes et al. (2005)	100 universidades en Inglaterra	Estudiantes de pregrado, estudiantes de postgrado, personal académico, gastos académicos y de administración	Graduados de postgrado y pregrado e investigación	CCR-O y BCC-O
Gonzáles y Verdugo (2008)	43 universidades chilenas	Aporte fiscal directo, ingresos, docentes y alumnos matriculados	Recursos por proyectos, publicaciones ISI y docentes	DEA, CCR y BCC
Afonso y Santos (2008)	52 universidades públicas portuguesas	Gasto total promedio por estudiantes para los años de 2000-2003, numero de profesorado por 100 estudiantes, gasto total entre personal académico y no académico	Tasa de éxito de los estudiantes de pregrado matriculados para el primer ciclo, sobre la base de la facultad, numero de certificado de doctorado otorgados	DEA
Agasisti y Johnes (2009)	57 universidades italianas y 127 instituciones de educación superior	Número total de estudiantes, presupuestos total de recursos/ingresos financieros, numero estudiantes de doctorado, numero de personal académico	Número de graduados, monto total de subvención externas y contratos para investigación	DEA y, Índice de Malquist
Edward Costa (2009)	Instituciones de Enseñanza Superior de Brasil	Coste corriente/Alumno equivalente, Alumnos a tiempo completo/docente equivalente, Alumno tiempo completo/funcionario equivalente, docente posgrado	Alumnos formados/Alumnos matriculados, concepto del posgrado	DEA Dinámico SBM
Agasisti y Perez (2010)	57 universidades italianas y 127 instituciones de educación superior	estudiantes de PHD, estudiantes de grado, profesores totales y recursos financieros disponibles	Graduados y Recursos externos atraídos por investigación	CCR-O y BCC-O
Fernández-Santos, Campillo y Fernández (2010)	47 universidades públicas españolas	Número total de profesorado equivalente a tiempo completo, total de estudiantes matriculados y, Ingreso Total	Número total de estudiantes graduados, artículos publicados e indexados	DEA
Gómez Sancho (2012)	35 universidades públicas españolas	Número de estudiantes de primero y segundo ciclo, número de alumnos de tercer ciclo, otros gastos corrientes, tiempo del profesorado	Número de tesis leídas, el número de ayudas a la investigación, numero de graduados.	DEA CCR - O rendimientos de escala constantes y, BCC -O rendimientos variables

Erasmus y Msigwa (2013)	11 universidades públicas de China	Número de matrículas, cantidad de personal académico, personal no académico y personal total	Número de estudiantes en pregrado, estudiantes en postgrado y graduados	DEA BCC
Alvarado Astudillo (2015)	Universidades Públicas Ecuatorianas	Número de personal docente e investigador a tiempo completo, Gasto corriente en bienes y servicios para cada estudiante matriculado, proporción de personal administrativo y servicio a tiempo completo con relación al personal docente a tiempo completo, tamaños de las universidades, números de investigadores	Número de graduados, n° de publicaciones en revistas indexadas, n° de proyectos de investigación	DEA estático y dinámico
Ayaviri y Zamora (2016)	Universidades Públicas de Latino América	Número de docentes (Tiempo completo), N° de docentes (Total), N° de docentes por facultad	Número de graduados, n° de publicaciones en revistas indexadas, n° proyectos de investigación	DEA

Fuente: elaboración propia.

Como el objetivo del estudio es el análisis temporal, a continuación, nos referimos a los modelos de DEA utilizados, y en concreto al modelo estático y dinámico, además sus principales características, que serán aplicados posteriormente en el trabajo.

### 3. METODOLOGÍA

En los puntos siguientes describimos la metodología DEA de una forma global, pasando posteriormente a centrarnos en la que va a ser utilizada para el desarrollo del presente estudio, identificando la principal diferencia entre los dos modelos planteados y sus aportaciones en la medición de eficiencia de las universidades.

#### 3.1 EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

El método del DEA posibilita, a través de la observación de las mejores prácticas, evaluar de forma comparativa las distintas unidades, utilizando las mismas variables con carácter tangible, calculando así una eficiencia ponderada relativa.

La metodología posee propiedades relevantes para su aplicación en la mediación de la eficiencia en el sector educativo, frente a otras técnicas como fronteras estocásticas. En primer lugar, el modelo admite el carácter multidimensional de inputs y outputs. Además, es flexible, al ser poco restrictivo a la hora de definir el conjunto de producción y su frontera correspondiente.

Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta es la elección de las variables input y output para llevar a cabo el análisis de la eficiencia, así como de la metodología a utilizar. La aplicación del método no-paramétrico determinístico que recurre a la programación lineal matemática tiene como objetivo evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de DMU de producción de servicios homogéneos entre sí, dadas las mismas entradas y que generen el mismo tipo de resultado (Villarreal y Tohmé, 2017). En la metodología DEA podemos encontrar una amplia gama de modelos, la elección dependerá de su adaptación a las características de nuestro objeto de análisis. En el estudio tan solo utilizamos el método con rendimientos de escala variable (variable to scale), que tuvo su origen en el artículo de Banker, Charnes y Cooper (1984).

La eficiencia relativa de una DMU es definida como el cociente máximo entre la suma ponderada de los outputs y la suma ponderada de los inputs, sujetos a la condición de que el cociente de cada DMU sea menor o igual a 1 y los valores utilizados en sus ponderaciones sean atribuidos en función de la maximización de eficiencia, utilizando la programación lineal estática Charnes et. al (1978, p.430), lo cual es representado por la siguiente formulación matemática:

$$\max (h_0) = \frac{\sum_{y=1}^s v_y O_{y0}}{\sum_{x=1}^r u_x I_{x0}} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} &\leq 1 \\ j &= 1, 2, 3, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Mediante el proceso de linealización y aplicación de propiedades Prima – Dual, Charnes et al. (1978) logran el modelo DEA constante, y Banker et al. (1984) desarrollan el modelo DEA variable; siendo éstos son los más utilizados en los estudios. Para nuestro caso fue elegido el modelo variable de escala orientado a los inputs, es decir, la eficiencia

es alcanzada cuando se tiene la minimización de los recursos utilizados dado un nivel de productos o servicios generados, descrita en la siguiente ecuación:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda, s^+, s^-} z_0 = \theta - \varepsilon(I s^+ + I s^-) \quad (2)$$

Sujeto a:

$$Y\lambda = y_0 + s^+$$

$$\theta x_0 = X\lambda - s^-$$

$$\vec{1}\lambda = 1$$

$$\lambda, s^+, s^- \geq 0$$

Donde  $y_0$  es un número más pequeño que cualquier real positivo,  $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$  es el vector de intensidades de cada DMU (así  $\lambda_j$  es la intensidad de la DMU  $j$ ). En el modelo de Banker et. al (1984) están incorporadas las variables de holgura y exceso de entradas y salidas ( $I s^+ + I s^-$ ) y una restricción de convexidad  $\vec{1}\lambda = 1$ . Es cierto que este modelo se aplica para el caso de rendimientos variables de escala. Los modelos orientados a los inputs y a los outputs estimaron las medidas de eficiencia exactamente en la misma frontera y, por lo tanto, ubican los mismos conjuntos de DMUs eficientes (Coelli, 1998).

### 3.2 ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST

El índice de productividad de Malmquist (1953) permite evaluar el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) de una unidad productiva, en nuestro caso, de una universidad. Representa el progreso de eficiencia de acuerdo con los cambios en el tiempo, expresado el desplazamiento de la propia frontera bajo un marco de varios inputs y outputs (Caves et al., 1982). Las observaciones fuera de la frontera reflejan los periodos en los cuales la utilización de los recursos resulta menos eficiente en comparación con las prácticas empleadas durante los mejores años. Las medidas de eficiencia técnica, permiten cuantificar la ineficiencia técnica en un plan de producción, mediante la comparación de las cantidades de inputs y de productos que necesita una unidad que es técnicamente eficiente con los que utiliza una unidad ineficiente.

En los periodos de tiempo  $t$  y  $t+1$ , bajo el supuesto que las universidades como unidades de producción generan un servicio a partir de los inputs, el cambio productivo

para cada institución, tomando como referencia la tecnología del periodo  $t$  ( $CP_A^t$ ) es dado por:

$$CP_A^t = \frac{E_{A,t+1}^t}{E_{A,t}^t} \quad (3)$$

Donde  $E_{A,t}^t$  es la eficiencia técnica de la universidad A en el periodo  $t$  respecto a la frontera eficiente del mismo periodo, y  $E_{A,t+1}^t$  es la eficiencia técnica de la entidad A en el periodo  $t + 1$  respecto a la frontera  $t$  (Caves et al., 1982).

### 3.3 DEA DINÁMICO

La medición de la eficiencia inter temporal a través del DEA está siendo objeto de estudio en las últimas dos décadas. Los primeros autores que desarrollaron la estructura del DEA dinámico fueron Sengupta (1995) y Fare y Grosskopf (1996). El primer autor verificó la eficiencia dinámica de la estructura dinámica de Farrell (1957) por medio de la variación del input capital en el tiempo con relación a los cambios ocurridos en los precios del input a lo largo del tiempo. Por otro lado, Fare y Grosskopf (1996) diseñaron una frontera de producción dinámica utilizando un output intermediario que conecta los procesos de producción en cada año.

Tone y Tsutui (2010), propusieron una estructura para el modelo DEA dinámico basado en la utilización de las variables carry-over, cuyo objetivo es estimar la frontera de producción a lo largo de varios periodos de tiempo.

La diferencia fundamental del DEA dinámico respecto a otros tipos de DEA es la existencia de una transición que conecta los periodos a lo largo del tiempo. Los carry-overs, denominados enlace, suelen ser de 4 tipos: deseados o buenos, indeseables, libres o discrecionales y fijos o no discrecionales. En el presente trabajo se utilizan sólo carry-overs fijos, el valor de éstos está dado por los niveles observados de la variable a estudiar y afectan el resultado de la eficiencia indirectamente a través de la continuidad de la condición entre los dos periodos.

### 3.3.1 FRONTERA DE POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN

El cálculo de la eficiencia considera  $n$  DMUs ( $j = 1, \dots, n$ ) en un periodo  $T$  de tiempo ( $t = 1, \dots, n$ ), siendo que en cada periodo hay  $v$  inputs ( $i = 1, \dots, v$ ),  $p$  inputs fijos ( $i = 1, \dots, p$ ),  $s$  outputs ( $i = 1, \dots, s$ ) y  $r$  outputs fijos ( $i = 1, \dots, r$ ). Además, los inputs (libres)  $x_{ijt}$  ( $i = 1, \dots, v$ ), los inputs fijos  $x_{ijt}^{\text{fijo}}$  ( $i = 1, \dots, p$ ), los outputs libres  $y_{ijt}$  ( $i = 1, \dots, s$ ), y los outputs fijos  $y_{ijt}^{\text{fijo}}$  ( $i = 1, \dots, r$ ) representan respectivamente los valores de la DMU  $j$  y del periodo de  $t$ . Los carry-overs son simbolizados de cuatro modos:  $z^{\text{good}}$ ,  $z^{\text{malo}}$ ,  $z^{\text{libre}}$ ,  $z^{\text{fijo}}$ . Para Identificar el periodo de tiempo ( $t$ ), DMU ( $j$ ), y el ítem ( $i$ ) es utilizado en la expresión matemática  $z_{it}$  libre: ( $i=1, \dots$  libre;  $j = 1, \dots, n$ ;  $t=1, \dots T$ ) que indica todos los valores observados de los enlaces libres hasta el periodo de tiempo  $T$ .

De este modo, el conjunto de posibilidades de producción viene definida por  $\{x_{it}\}$ ,  $\{x_{it}^{\text{fijo}}\}$ ,  $\{y_{it}\}$ ,  $\{y_{it}^{\text{fijo}}\}$ , la continuidad de los enlaces carry-overs entre periodo de tiempo  $t$  y  $t+1$  es garantizada por la siguiente ecuación:

$$\sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\alpha} \lambda_j^t = \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\alpha} \lambda_j^{t+1} \quad (\forall i; t = 1, \dots, T-1) \quad (4)$$

Donde el símbolo  $\alpha$  es estándar para los enlaces good, bad, free y fix. La restricción es fundamental para el modelo dinámico, porque es lo que permite la conexión entre los periodos de tiempo  $t$  y  $t+1$ . Usando esas ecuaciones para la producción la DMU<sub>o</sub> ( $o = 1, \dots, n$ ) es expresada con la formulación a seguir:

$$\begin{aligned} z_{iot}^{\text{free}} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\text{free}} \lambda_j^t + s_{it}^{\text{free}}, & (i=1, \dots, n_{\text{free}}; t=1, \dots, T) \\ z_{iot}^{\text{fix}} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\text{fix}} \lambda_j^t, & (i=1, \dots, n_{\text{fix}}; t=1, \dots, T) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^t &= 1, & (t=1, \dots, T) \\ \lambda_j^t &\geq 0, \quad s_{it}^- \geq 0, \quad s_{it}^+ \geq 0, \quad s_{it}^{\text{good}} \geq 0, \quad s_{it}^{\text{bad}} \geq 0 \quad \mathbf{e} \\ s_{it}^{\text{free}} &: \text{free}(\forall i, t) \end{aligned} \quad (5)$$

Donde,  $s_{it}^-$ ,  $s_{it}^+$  son las variables de holguras que representan respectivamente el exceso de input, la insuficiencia de output, la insuficiencia de link, el exceso de link y la desviación de link. Las variables  $z_{ijt}^{\text{free}}$  y  $z_{ijt}^{\text{fix}}$  ubicadas en el lado derecho de la expresión asumen valores positivos, mientras que las variables ubicadas en el lado izquierdo son



conectadas por la variable vector de intensidad  $\lambda_j^t$ . Además, siendo  $\lambda_j^t \in R^n (t = 1, \dots, T)$  para el periodo de tiempo t, y nfree y nfix son respectivamente el número de los links free, y fix.

### 3.3.2 FUNCIÓN OBJETIVO Y EFICIENCIA

La función objetivo y eficiencia genera la evaluación global de una DMU<sub>o</sub> (o = 1, ..., n), siendo  $\{\lambda^t\}$ ,  $\{s^-\}$ ,  $\{s^+\}$ ,  $\{s^{good}\}$ ,  $\{s^{bad}\}$ ,  $\{s^{free}\}$  las variables del modelo y que puede ser desarrollada a través de las estructuras input orientado, output orientado y no orientado. A efectos del presente estudio, la evaluación será llevada a cabo mediante output no orientado, porque permite medir los resultados en base los recursos utilizados.

El modelo input-orientado contribuye a reducir los factores relacionados a inputs, mientras se producen los niveles relacionados con los outputs. En el tema dinámico basado en holguras (DSBM) se busca maximizar las holguras a los inputs. La eficiencia global orientada  $\theta_o^*$  es calculada a través de la siguiente notación matemática:

$$\theta_o^* = \max \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T w' \left[ 1 + \frac{1}{s + nbad} \left( \sum_{i=1}^m w_i^- s_{it}^- + \sum_{i=1}^{nbad} \frac{s_{it}^{bad}}{z_{iot}^{bad}} \right) \right] \quad (6)$$

Sujeta a las ecuaciones 4 y 5.

Donde la  $w_i$  y  $w_i^-$  representan los valores para el periodo t e input i, los cuales son proporcionales exógenamente. Esa función considera los excesos de los inputs, como también de los links indeseables como los principales focos de evaluación, de modo que en la función objetivo cuanto menor sea su importe mejor (Barbosa, 2010).

La función objetivo considera las ineficiencias de los outputs que hacen parte del enlace (good), y funcionan como meta fundamental. Los enlaces indeseados de ineficiencias también son contabilizados en la función objetivo, del mismo modo que ocurre con las ineficiencias de los outputs. El numerador es la media de la eficiencia input-orientado y el denominador es el inverso de la media de la eficiencia output-orientado. Así, dada la definición de la eficiencia global, por reciprocidad la eficiencia del output se situará entre 0 y 1.

### 3.4 ECUACIONES DE ESTIMACIÓN GENERALIZADAS

Una vez obtenida la eficiencia de las universidades, se lleva a cabo un análisis de regresión para ver el impacto de los factores de contexto en los niveles de eficiencia de las DMUs, teniendo en cuenta que dichos factores dependen de otras variables no captadas por ellas. Concretamente se aplica ecuaciones de estimación generalizadas (GEE, Generalized Estimating Equations), pues los modelos agregan la asociación entre las observaciones correspondientes a un mismo individuo, resultando más adecuado el análisis de datos longitudinales (Nores y Díaz, 2005).

En muchos casos la variable dependiente basada en los índices de eficiencia DEA, no se ajustan a una distribución normal, por lo que la regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) puede generar problemas en la estimación (Barbosa et. al, 2016). Una posible solución para superar las dificultades del proceso de generación de datos es cambiar  $x1\beta$  para producir modelos similares a logit y probit en la situación de elección binaria (MacDonald, 2009).

Estas ecuaciones fueron desarrolladas por Liang y Zeger (1986), como una extensión de los modelos de casi-verosimilitud, para modelar respuestas correlacionadas entre sí. Específicamente, por ser más de una variable para un mismo individuo, es decir, permite la estimación de los parámetros de la regresión ( $\beta$ ) y proporciona la estimación simultánea de dichos parámetros y de la estructura de covarianza de la información. Esto es alcanzado sin demandar la especificación de una distribución conjunta para el vector respuesta en cada instante por un modelo univariante y por separado se modela la asociación. De acuerdo con Espinal y Paredes (2017), sea  $Y_{ij} = (Y_{ij1} \dots, Y_{ijJ})^T$  el vector de respuesta multivariado del  $i$ -ésimo individuo,  $i = 1, \dots, n$ , se supone conocida la relación funcional entre la media y la varianza de cada  $Y_{ij}$ :

$$V(Y_{ij}) = \phi^{-1} V(\mu_{ij}) \quad (7)$$

De la misma manera, se considera que los individuos son independientes entre sí y que cada respuesta en un tiempo determinado,  $Y_{ij}$ , está asociada a un vector de variable respuesta  $x_{ij} = (x_{ij1} \dots, x_{ijp})^T$ , de la forma:

$$g(\mu_{ij}) = \eta_{ij} = \mathbf{x}_{ij}^t \beta \quad (8)$$

Sea  $R_i$  la matriz de correlación de las observaciones del i-ésimo individuo. En el caso de datos no correlacionados  $R_i = I_{t_i}$ , así la ecuación (7) quedaría de la siguiente forma:

$$V(Y_i) = \Phi^{-1} V_i \Phi^{-1} V_i^{1/2} R_i V_i^{1/2} \quad (9)$$

Además, Liang y Zeger (1986) proponen estimar cada matriz de correlación como una función de vector de parámetros,  $\rho = (\rho_1, \dots, \rho_q)^T$  que no depende de  $\beta$ . Suponiendo que todos los individuos tienen el mismo número de mediciones ( $t_i = t$ ), la matriz de varianza y covarianza de  $Y_i$  está dada por:

$$\Omega_i = \Phi^{-1} V_i^{1/2} R(\rho) V_i^{1/2} \quad (10)$$

Donde  $R(\rho)$  es la llamada matriz de trabajo. Estimando  $\beta$  resuelve el sistema

$$\sum_{i=1}^n D_i^t \Omega_i^{-1} (y_i - \mu_i) = 0 \quad (11)$$

Para nuestro caso las ecuaciones en (6) vendrán dadas por

$$E(Y_{ij}) = \pi_{ij}, \quad V(Y_{ij}) = \Phi^{-1} V(\pi_{ij}) \quad (12)$$

La función de enlace puede ser cualquiera de la teoría de los Modelos Lineales Generalizados (MLG) (Bobashev y Anthony, 2000).

### 3.5 MUESTRA Y VARIABLES

La muestra objeto de estudio en este trabajo está compuesta por 68 universidades públicas federales de carácter presencial existentes en Brasil desde el año 2009 hasta 2016, que es el último del que existe información disponible. Es importante resaltar que en este periodo temporal observado fueron creadas 13 nuevas universidades federales, de modo que sólo para 55 se dispone de datos completos para el análisis.

La selección de los inputs y outputs necesarios para medir la eficiencia se realiza teniendo en cuenta las variables más utilizadas en las investigaciones académicas, que consideran las actividades principales desarrolladas por las universidades – docencia e investigación. Concretamente, se han utilizado los propuestos por Ayavari y Zamora (2016), quienes establecen como inputs el número de alumnos tiempo completo, el número de profesores a tiempo completo, funcionarios, Además, añadimos el gasto corriente de la universidad, y como outputs, el número total de alumnos graduados y el número de programas de másteres y doctorados.

De acuerdo con ello, los inputs se definen del siguiente modo:

NF (Número de funcionarios): es la cantidad de funcionarios de la universidad a tiempo completo.

DTC (Docentes a tiempo completo): es la cantidad de docentes a tiempo completo en la universidad.

GCGA (Gasto corriente global anual): es el gasto corriente global anual que la universidad gestiona.

GASTCAP (Gasto de Capital de cada universidad en cada año observado)

En cuanto a las variables outputs, se especifican las siguientes:

ATG (Alumnos total graduados)

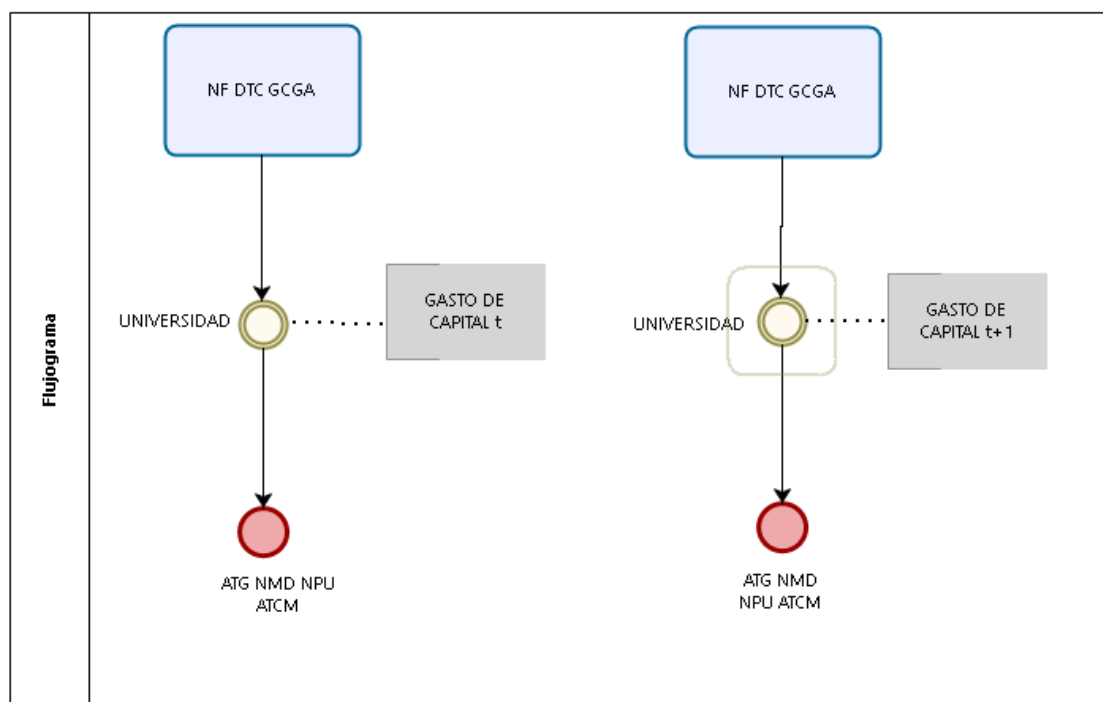
NMD (Numero de másteres y doctorados)

ATCM (Alumnos a tiempo completo matriculados): es la cantidad de alumnos matriculados diurnos.

NPU (Número de publicaciones en revistas internacionales indexadas en la base de datos de Web of Science).

El gráfico 1 muestra el flujograma y la interrelación entre las variables.

Gráfico 1. Flujograma del modelo DEA dinámico



Fuente: Tone y Tsutsui (2010, p.146)

Las fuentes para la obtención de los datos fueron las siguientes: Ministerio de Educación de Brasil (MEC), Instituto Nacional de Estudios de Investigaciones Educativas (INEP), Coordinación de Mejora de la Investigación y Enseñanza Superior (CAPES), Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE) y Base de Datos Web of Science.

#### Especificación de los factores explicativos

Para analizar los factores determinantes, se ha seguido el trabajo de Santos et al (2012), dividiendo el conjunto de factores explicativos en dos grupos: factores internos, es decir características inherentes a las universidades, y factores externos, que hacen referencia a las condiciones socioeconómicas de la región y de los estudiantes.

Las variables internas identifican las características de las universidades a lo largo de su trayectoria y que, por esto, suele ser difícil cambiarlas en un periodo corto de tiempo, lo que generan un carácter único que cada una asume, influyendo en su nivel de eficiencia:

- Edad: años de antigüedad de la universidad. Se ha considerado el valor 100 para las universidades que tienen más de 60 años de fundación, ya que de

acuerdo con Duch-Brown y Vilalta (2010), cuando la edad sobrepasa ciertos límites, la variación del efecto sobre el nivel de eficiencia es imperceptible.

- Número de Grados Ofrecidos: es el número de carreras que hay en cada universidad.
- NMD (nota media del Máster y Doctorado): Capta la evaluación media de los programas de posgrado de cada universidad federal de Brasil, basado en la evaluación trienal de la Capes que es vinculada al Ministerio de Educación.
- Porcentaje de Doctores: es el porcentaje de docentes doctores que hay por cada universidad que generan más calidad técnica, basado en la teoría organizacional de gestión del conocimiento (Nonaka y Takeuchi, 1995).

Factores externos:

- Población: es la población media de la región a la que pertenece la universidad para los años analizados.
- PIBPCreg: Producto Interior Bruto per cápita en los años 2009 hasta 2016, correspondiente al estado al que pertenece la universidad.

Además, dada la heterogeneidad de las universidades de Brasil, hemos dividido las mismas en 3 grupos: 27 son consideradas grandes, 17 medianas y 11 pequeñas, a efectos de comparabilidad y minimizar la heterogeneidad entre ellas. En el anexo se muestra la lista de universidades federales objeto del estudio. El criterio de división establecido fue el siguiente:

- a) Grandes: número de funcionarios mayor que 2.500, docente a tiempo completo mayor que 1.500, alumnos a tiempo completo ser mayor que 12.000 y gastos corrientes globales anuales mayor que 200.000.000 de euros
- b) Medianas: número de funcionarios menor que 2.500, docente a tiempo completo menor que 1.500, alumnos a tiempo completo menor que 12.000 y gastos corrientes globales anuales menor que 200.000.000 de euros.
- c) Pequeñas: número de funcionarios menor que 500, docente a tiempo completo menor que 500, alumno a tiempo completo menor que 5.000 y gastos corrientes globales anuales menor que 75.000.000 de euros.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA. RESULTADOS EMPÍRICOS MODELO DEA ESTÁTICO RENDIMIENTO VARIABLE DE ESCALA

Al objeto de analizar y comparar la eficiencia de las Universidades Federales, en un primer momento hemos realizado un análisis DEA estático. Los resultados se presentan agrupando las universidades en tres tipos, en función de su tamaño: grandes, medianas y pequeñas. La tabla 2 recoge la eficiencia de cada año y para el periodo global sólo de las universidades brasileñas grandes.

Si nos centramos en los valores de eficiencia de cada año, se puede apreciar que las universidades, de media, demuestran un nivel de eficiencia del 92.8%, lo que significa que, a partir de los mismos niveles de outputs, estas universidades podrían minimizar potencialmente sus inputs en 7.2% para alcanzar el nivel de eficiencia máxima relativa. En total, nueve universidades federales son eficientes a lo largo de los ocho años: la UFAM, UFPA, UFPI, UFMG, UFRJ, UFSCar, UNIFESP, UFRGS y UNB, las cuales representan un tercio del grupo. Los resultados muestrana demás que hay otras instituciones con buenos resultados en el periodo.

Tabla 2. Eficiencia de las Universidades Grandes. DEA estático rendimientos variables a escala.

Universidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
UFAM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFPA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMA	1.00	0.78	0.74	0.79	0.72	0.86	0.85	1.00
UFPI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFC	0.95	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
UFRN	1.00	0.85	0.75	0.98	0.86	0.94	1.00	0.93
UFPB	0.79	0.78	0.82	0.71	0.77	0.80	0.76	0.81
UFPE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00
UFAL	1.00	0.91	0.90	1.00	0.91	1.00	0.88	0.84
UFS	0.88	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00
UFBA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00
UFJF	0.84	0.80	0.63	0.94	0.94	0.82	0.95	0.86
UFMG	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFU	0.73	0.69	0.66	0.59	1.00	0.72	0.96	0.90
UFES	0.85	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.95	1.00
UFF	0.78	0.72	0.77	0.77	0.90	0.79	1.00	0.80

UFRJ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFSCar	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIFESP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFPR	0.87	1.00	0.93	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
UFSC	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.98	1.00
UFMS	0.71	0.80	0.83	0.80	0.78	1.00	0.80	0.76
UFRGS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMS	0.76	0.91	0.83	1.00	0.82	0.84	0.83	0.83
UFMT	0.63	0.69	0.77	0.81	0.64	0.84	0.75	0.72
UFG	0.43	0.97	0.80	0.84	1.00	0.92	0.98	0.92
UNB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>N° de Eficientes</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>18</b>
<b>Média</b>	0.928	<b>Desv Est</b>	0.1082					

Fuente: elaboración propia.

En cierto modo, en las universidades que alcanzan la máxima eficiencia relativa, al aumentar los outputs (alumnos totales graduados, alumnos a tiempo completo matriculado, número de másteres y doctorados, número de publicaciones indexados a periódicos internacionales), lograrían utilizar una menor proporción de inputs (número de funcionarios, docentes a tiempo completo, gasto corriente global anual y gasto de capital), es decir, combinan mejor los resultados generados e inputs asignados. Este comportamiento es alcanzado por un 70.3% de las grandes universidades brasileñas en el último año.

Un comportamiento importante que se observa es que UFMA, UFC, UFRN, UFPE, UFAL, UFS, UFBA, UFES, UFPR, UFSC, obtienen en más de dos años la máxima eficiencia relativa en el periodo estudiado. No obstante, también se evidencia que del total de 27 universidades grandes del país, 10 tienen resultados por encima de la media y 7 universidades quedan debajo de la media, es decir por debajo de 0.93 de eficiencia.

De forma global, son responsables de la graduación de 87.446 personas y 1.640 programas de máster y doctorado en el último año en el país, un incremento de un 28% y un 56% respectivamente en todo período analizado.



Por lo tanto, en el grupo de universidades grandes, se constata que hay 9 que tienen la eficiencia máxima en todos los años, otras 10 con eficiencia en la media o por encima y otras 7 que se alejaron de la media, si bien todavía alcanzan niveles de eficiencia aceptables.

En la tabla 3 se presenta el cálculo del índice de productividad de Malmquist para las 27 entidades grandes de Brasil, comparándose entre pares de años. Se hacen dos tipos de análisis, uno vertical que envuelve la productividad del grupo en el periodo, y otro en la horizontal indicando la productividad por universidad.

Tabla 3. Índice de productividad de Malmquist para Universidades grandes.

Universidades	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	Media
UFAM	1	1	1	1	1	1	1	1
UFPA	1	1	1	1	1	1	1	1
UFMA	0.78	0.94	1.07	0.91	1.2	0.99	1.18	1.01
UFPI	1	1	1	1	1	1	1	1
UFC	1.06	1	0.92	1.09	1	1	1	1.01
UFRN	0.85	0.88	1.3	0.88	1.09	1.06	0.93	1
UFPB	0.99	1.05	0.86	1.08	1.04	0.95	1.07	1.01
UFPE	1	1	1	1	1	0.97	1.03	1
UFAL	0.91	1	1.11	0.91	1.1	0.88	0.95	0.98
UFS	1.14	1	1	0.95	1.05	1	1	1.02
UFBA	1	1	1	1	1	0.98	1.02	1
UFJF	0.95	0.78	1.49	1.01	0.87	1.16	0.9	1.02
UFMG	1	1	1	1	1	1	1	1
UFU	0.95	0.95	0.9	1.69	0.72	1.34	0.94	1.07
UFES	1.17	1	1	0.96	1.04	0.95	1.05	1.02
UFF	0.91	1.08	1	1.16	0.88	1.26	0.8	1.01
UFRJ	1	1	1	1	1	1	1	1
UFSCar	1	1	1	1	1	1	1	1
UNIFESP	1	1	1	1	1	1	1	1
UFPR	1.15	0.93	1.02	1.06	1	1	1	1.02
UFSC	1	1	1	0.98	1.02	0.98	1.02	1
UFSM	1.12	1.05	0.96	0.98	1.29	0.8	0.95	1.02
UFRGS	1	1	1	1	1	1	1	1
UFMS	1.19	0.91	1.2	0.82	1.01	1	1	1.02
UFMT	1.1	1.11	1.05	0.79	1.32	0.9	0.96	1.03
UFG	2.27	0.82	1.05	1.19	0.92	1.07	0.94	1.18
UNB	1	1	1	1	1	1	1	1
Media	1.057	0.981	1.035	1.017	1.02	1.01	0.991	
Min	0.784	0.784	0.865	0.79	0.716	0.799	0.804	
Desv. Est.	0.259	0.069	0.124	0.159	0.117	0.105	0.064	

Fuente: elaboración propia.

La variación en el cambio de eficiencia de las universidades grandes es superior a 1 en 2009/2010, 2011/2012, 2012/2013, 2014/2015, es decir, en estos años las instituciones han ganado en eficiencia en media 2.78%. Sin embargo, entre los años 2010/2011 y 2015/2016 obtienen una disminución en media de 1.40%, a pesar de que el grupo ha ganado en productividad, ya que el porcentaje de aumento de eficiencia es superior a la disminución. Igualmente, se observa en el análisis vertical que sólo la UFAL obtiene media inferior a 1.

Si nos centramos en el grupo de universidades medianas, en la tabla 4, puede verse el resultado de la eficiencia. En este grupo, la eficiencia media es un poco inferior a la de las universidades grandes. Un comportamiento interesante es que, a partir de los niveles de eficiencia del año 2009 hay un incremento del número de eficientes en los años siguientes, aunque haya una bajada significativa en 2016, si bien está por encima del número de eficientes en 2014, probablemente debido al recorte de los gastos corrientes anuales de las universidades en media un 16%.

Tabla 4. Eficiencia de las Universidades Medianas. DEA estático rendimientos variables.

Universidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
UFAC	1.00	1.00	1.00	0.91	0.95	0.97	0.96	0.91
UFT	0.84	0.80	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00
UFCG	0.61	0.70	0.67	0.71	0.79	0.90	0.90	1.00
UFRPE	0.72	0.92	0.79	1.00	0.79	0.60	0.74	0.76
UFLA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFOP	0.79	0.82	0.71	0.91	1.00	0.96	1.00	1.00
UFTM	0.96	0.76	0.56	0.66	0.67	1.00	1.00	0.83
UFSJ	0.68	0.69	0.74	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFV	0.91	0.91	0.88	0.91	0.94	1.00	1.00	0.99
UNIFAL	0.64	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFRRJ	0.78	0.82	0.74	0.71	0.88	0.94	1.00	1.00
UNIRIO	0.75	0.83	0.64	0.72	1.00	1.00	0.85	1.00
UFABC	0.78	0.89	0.81	0.80	0.99	0.99	1.00	1.00
UTFPR	0.67	0.91	0.90	0.89	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIPAMPA	1.00	0.69	0.65	0.78	0.66	0.91	1.00	0.81
UFPeI	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.95	0.98
FURG	0.93	0.77	0.53	0.65	0.80	0.83	0.77	0.83
<b>Nº de Eficientes</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
<b>Media</b>	0.884	<b>Desv Est</b>	0.130					

Fuente: elaboración propia.

Además, es posible que se deba al incremento de los outputs, alumno total graduados, alumnos a tiempo completo matriculados, número de posgrados y número de publicaciones, teniendo en cuenta que además han tenido mayores gastos corrientes globales anuales a partir de 2014, sumado al número de funcionarios, docentes a tiempo completo, y gasto de capital de cada universidad.

En la tabla 5 se muestra la comparación entre los años a través del índice de Malmquist basado en los índices DEA de eficiencia para el grupo de las universidades medianas.

Tabla 5. Índice de productividad de Malmquist para Universidades Medianas

Universidades	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	Media
UFAC	1	1	0.91	1.05	1.03	0.99	0.94	0.99
UFT	0.96	1.25	1	0.92	1.08	1	1	1.03
UFCG	1.14	0.95	1.07	1.11	1.13	1	1.11	1.07
UFRPE	1.28	0.85	1.27	0.79	0.76	1.24	1.03	1.03
UFLA	1	1	1	1	1	1	1	1
UFOP	1.04	0.86	1.29	1.1	0.96	1.04	1	1.04
UFTM	0.79	0.74	1.17	1.02	1.5	1	0.83	1.01
UFSJ	1.02	1.08	1.34	1	1	1	1	1.06
UFV	1.01	0.97	1.03	1.04	1.06	1	0.99	1.01
UNIFAL	1.55	1	1	1	1	1	1	1.08
UFRRJ	1.04	0.9	0.96	1.24	1.07	1.06	1	1.04
UNIRIO	1.12	0.77	1.12	1.39	1	0.85	1.18	1.06
UFABC	1.15	0.9	1	1.23	1.01	1.01	1	1.04
UTFPR	1.37	0.99	0.99	1.13	1	1	1	1.07
UNIPAMPA	0.69	0.94	1.21	0.84	1.37	1.1	0.81	1
UFPEl	1.47	1	1	1	0.98	0.97	1.03	1.06
FURG	0.82	0.69	1.22	1.22	1.05	0.92	1.08	1
Media	1.08	0.94	1.09	1.06	1.06	1.01	1	
Min	0.69	0.69	0.91	0.79	0.76	0.85	0.81	
Desv. Est.	0.23	0.13	0.13	0.15	0.16	0.08	0.09	

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que sólo en 2010/2011 el grupo han disminuido su productividad, es decir, la mayoría de las universidades obtienen una caída de eficiencia de un 6%. Sin embargo, en media las universidades han aumentado sus resultados en 5 periodos de análisis, y en el último año ha sido igual a 1.

Para las universidades pequeñas (Tabla 6) se obtiene un nivel de eficiencia de un 94% con los recursos utilizados, es decir, el grupo tiene potencial de disminuir sus inputs en un 6% con los mismos niveles de outputs para alcanzar la máxima eficiencia

relativa. No obstante, en todos los años hay al menos dos universidades que logran la máxima eficiencia relativa.

Los años con mayor número de universidades eficientes son 2013, 2015 y 2016, mientras que en el año 2011 hay una fuerte reducción de la performance de las universidades, debido posiblemente al aumento del gasto corriente anual en media para el grupo, de un 15%, es decir, parece ser que tiene lugar una quiebra del ciclo de aumento de eficiencia en las pequeñas universidades, si bien en los siguientes años regresa a los niveles de resultados antes de la caída.

Tabla 6 Eficiencia de las universidades pequeñas. DEA estático rendimientos variables.

Universidades	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
UFRR	0.68	1.00	0.87	0.85	0.95	0.92	0.84	0.92
UFRA	1.00	1.00	0.95	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIR	0.98	0.92	0.98	1.00	1.00	0.90	1.00	0.83
UNIFAP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFERSA	0.84	0.73	0.86	0.82	0.90	0.78	0.84	0.78
UNIVASF	0.75	0.87	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00
UFRB	0.63	0.67	0.96	0.94	0.99	0.98	1.00	0.84
UFVJM	0.78	0.94	0.72	0.96	0.94	0.97	0.99	1.00
UNIFEI	1.00	0.94	0.76	0.91	0.93	0.96	1.00	1.00
UFCSPA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFGD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>N° de Eficientes</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
<b>Media</b>	0.936	<b>Desv Est</b>	0.092					

Fuente: Elaboración propia.

El hecho de que la media de la eficiencia de las universidades del grupo sea superior a la las grandes, indica que con menor nivel de gastos utilizados en al menos dos años incrementan los outputs en mayor proporción. Por lo tanto, las universidades pequeñas buenos resultados en los años estudiados.

Tabla 7. Índice de productividad de Malmquist para Universidades pequeñas

Universidades	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	Media
UFRR	1.47	0.87	0.98	1.11	0.97	0.91	1.1	1.06
UFRA	1	0.95	0.96	1.1	1	1	1	1
UNIR	0.94	1.06	1.02	1	0.9	1.11	0.83	0.98
UNIFAP	1	1	1	1	1	1	1	1
UFERSA	0.87	1.18	0.96	1.1	0.86	1.08	0.93	1
UNIVASF	1.16	1.07	1.08	1	0.92	1.09	1	1.04
UFRB	1.06	1.45	0.98	1.05	0.99	1.02	0.84	1.06
UFVJM	1.21	0.76	1.34	0.98	1.03	1.01	1.02	1.05
UNIFEI	0.94	0.81	1.2	1.02	1.03	1.04	1	1.01
UFCSPA	1	1	1	1	1	1	1	1
UFGD	1	1	1	1	1	1	1	1
Media	1.06	1.01	1.05	1.03	0.97	1.02	0.97	
Min	0.87	0.76	0.96	0.98	0.86	0.91	0.83	
Desv. Est.	0.17	0.19	0.12	0.05	0.06	0.05	0.08	

Fuente: elaboración propia.

Por último, se analiza en la tabla 7 el comportamiento de la eficiencia del grupo de las pequeñas instituciones a través del Índice de Malmquist. Puede observarse que de las 11 universidades pequeñas sólo una alcanza en media una variación en la eficiencia por debajo de 1, es decir, hay una pérdida de productividad entre los años comparados. Además, cinco universidades permanecieron con índice iguales a 1, indicando que casi mitad mantienen buenos resultados. Por lo tanto, con el análisis de productividad de Malmquist se observa las pequeñas universidades han mejorado su eficiencia en los años analizados.

#### 4.2 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA. RESULTADOS EMPÍRICOS MODELO DEA DINÁMICO RENDIMIENTOS VARIABLES DE ESCALA

Los resultados obtenidos en el modelo DEA dinámico muestran que en el grupo de universidades grandes hay 11 universidades alcanzan la frontera de producción, siendo la media de la eficiencia de todo periodo igual al modelo DEA estático. Parece ser que las universidades se acercan más a la eficiencia, principalmente en los años de 2012, 2014, 2015 y 2016, porque un 70% logra alcanzar el máximo.

Con un comportamiento cercano a la eficiencia se observan la UFC, UFRN, UFPE, UFAL, UFS, UFBA, UFJF y UFES que en el modelo logran estar por encima de la media con la máxima eficiencia relativa en varios años. Esto ocurre porque en el modelo variable de escala, los outputs son generados en una determinada proporción con la minimización de los inputs utilizados.

Tabla 8. Eficiencia de las Universidades Grandes. Rendimientos variables.

Universidades	Eficiencia global	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
UFAM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFPA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMA	0.90	1.00	0.85	1.00	0.78	0.77	0.92	0.86	1.00
UFPI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFC	0.96	0.75	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00
UFRN	0.95	1.00	0.82	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	1.00
UFPB	0.69	0.67	0.71	0.72	0.75	0.60	0.75	0.65	0.66
UFPE	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	1.00
UFAL	0.92	1.00	0.80	0.84	1.00	1.00	1.00	0.96	0.76
UFS	0.97	0.76	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00
UFBA	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	1.00
UFJF	0.97	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMG	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFU	0.77	0.57	0.69	0.72	0.63	1.00	0.68	0.92	0.92
UFES	0.95	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.81	1.00
UFF	0.78	0.67	0.65	0.71	0.70	0.82	1.00	1.00	0.67
UFRJ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFSCar	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIFESP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFPR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFSC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMS	0.76	0.63	0.68	0.71	0.74	0.67	1.00	1.00	0.68

UFRGS	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFMS	0.78	0.60	0.81	0.75	1.00	1.00	0.72	0.67	0.75
UFMT	0.77	0.56	0.65	0.71	0.81	0.62	0.77	1.00	1.00
UFG	0.86	0.45	1.00	0.76	0.81	1.00	1.00	1.00	0.90
UNB	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Nº de Eficientes</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Media</b>	0.926	<b>Desv. Est</b>	0.099						

Fuente: Elaboración propia.

Puede constatar que las universidades que alcanzaron la máxima eficiencia relativa en el modelo estático con rendimientos variables, continúan con la misma performance en el modelo dinámico. Por lo tanto, el valor observado en la función objetivo se mueve en el mismo sentido, lo que demuestra su consistencia en los índices presentados en los modelos DEA.

El grupo de universidades medianas (Tabla 9) presenta 2 universidades con la eficiencia máxima relativa, que son la Federal de Lavras y Federal de ABC paulista (UFABC). Además, la media global de eficiencia es de 89.2%, y se percibe una continuidad de las universidades que alcanzan la máxima eficiencia de 2010 hasta 2013, con un aumento del 40% en el año 2014.

Tabla 9. Eficiencia de las Universidades Medianas. Rendimientos variables.

Universidades	Eficiencia global	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
UFAC	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00
UFT	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	1.00	1.00	1.00
UFCG	0.72	0.55	0.63	0.57	0.61	0.59	0.88	0.96	1.00
UFRPE	0.85	0.66	0.91	0.91	1.00	1.00	0.84	0.70	0.75
UFLA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFOP	0.90	0.70	0.75	0.71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFTM	0.69	0.55	0.68	0.47	0.64	0.51	1.00	1.00	0.65
UFSJ	0.97	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFV	0.86	0.73	0.74	0.78	0.81	1.00	1.00	1.00	0.79
UNIFAL	0.96	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFRRJ	0.81	0.62	0.77	0.73	0.64	0.73	1.00	1.00	1.00
UNIRIO	0.79	0.56	0.68	0.66	0.65	1.00	1.00	0.74	1.00
UFABC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UTFPR	0.96	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIPAMPA	0.96	1.00	1.00	1.00	0.91	0.74	1.00	1.00	1.00
UFPEl	0.94	0.54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00

FURG	0.84	0.87	1.00	1.00	1.00	0.60	0.75	0.75	0.77
<b>Nº de Eficientes</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>Media</b>	0.892	<b>Desv est</b>	0.096						

Fuente: Elaboración propia.

En concreto, en este grupo hay 13 universidades que alcanzan la máxima eficiencia en 2016, es decir, para un determinado nivel de producción de alumnos graduados, número de máster y doctorado, número de artículos publicados indexados en periódicos internacionales y alumnos a tiempo completo matriculados, consumen el menor nivel de recursos inputs (número de funcionarios, docentes a tiempo completo, gasto corriente anual global y gasto de capital de cada universidad).

Las universidades pequeñas (Tabla 10) presentan un 96% de eficiencia, siendo así superior al grupo de las medianas y grandes. Además, 4 de las universidades federales (2 del norte de Brasil, Rural de Amazonia y Federal de Amapá, además de UFCSPA y del Mato Grosso del Sul – UFGD), alcanzan la frontera de producción para todo periodo. Por otro lado, las siete universidades que no logran la máxima eficiencia están muy próximos a la frontera eficiente, 3 tienen índice superior a la media y las otras 4 están un poco por debajo, aún así, con resultados de eficiencia global satisfactorios.

Tabla 10. Eficiencia de las Universidades Pequeñas. Rendimientos variables.

<b>Universidades</b>	<b>Eficiencia global</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
UFRR	0.92	0.70	1.00	0.79	0.96	1.00	1.00	0.93	1.00
UFRA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIR	0.97	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
UNIFAP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFERSA	0.89	0.74	0.91	1.00	0.80	1.00	0.89	0.79	1.00
UNIVASF	0.98	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFRB	0.92	0.77	1.00	1.00	0.86	1.00	0.97	1.00	0.76
UFVJM	0.99	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UNIFEI	0.91	1.00	0.80	0.69	0.86	0.91	0.99	1.00	1.00
UFCSPA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
UFGD	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Nº de Eficientes</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Media</b>	0.962	<b>Desv est</b>	0.043						

Fuente: Elaboración propia.



Por tanto, puede concluirse que las Universidades pequeñas presentan mejores índices de eficiencia global relativa, tanto si observamos los ocho años como si observamos el último, superando al grupo de las universidades medianas y grandes. Así, en el año 2016 sólo dos universidades fueron ineficientes, la UFRB y UNIR debido al incremento del número de funcionarios docentes a tiempo completo, alumnos a tiempo completo, gasto corriente global anual, mientras que hay una bajada del número total de alumnos graduados y se mantiene el mismo número de máster y doctorado del año anterior.

Por último, al objeto de contrastar los índices de eficiencia entre el DEA estático y dinámico, hemos realizado el test de Wilcoxon, cuyos resultados pueden verse en la Tabla 11. Los resultados muestran que no hay diferencias estadísticas significativas de las medianas, es decir que los resultados encontrados en el DEA estático y dinámico no son estadísticamente diferentes de forma significativa (nivel de confianza del 95%), lo que lo indica consistencia, porque sólo un año es distinto.

Tabla 11. Cuadro resumen existencia de diferencias entre los índices DEA.

Hipótesis nula	Años contrastados	Prueba	Sig.	Decisión	
La mediana de las diferencias entre los índices de eficiencia DEA estático y dinámico es igual a 0	2009	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo para muestras relacionadas	0.050	Conserve la hipótesis nula	<b>Nivel de confianza 95%</b>
	2010		0.399	Conserve la hipótesis nula	
	2011		0.102	Conserve la hipótesis nula	
	2012		0.293	Conserve la hipótesis nula	
	2013		0.597	Conserve la hipótesis nula	
	2014		0.021	Rechaza la hipótesis nula	
	2015		1.00	Conserve la hipótesis nula	
	2016		0.935	Conserve la hipótesis nula	

Fuente: elaboración propia.

El objetivo de utilizar el modelo dinámico para el análisis de los factores explicativos, es debido a que permite presentar resultados de eficiencia total del periodo

y no solamente de los años. En todo caso, se constata que los dos modelos permiten obtener resultados consistentes entre ellos, con la característica de complementariedad entre uno y otro. Por lo tanto, de los ocho años analizados se observa que en siete casos la hipótesis nula es aceptada.

#### 4.3 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE REGIONES

Con objeto de comparar la eficiencia obtenida en el modelo dinámico entre las universidades de las distintas regiones del país, se han agrupado las mismas en cinco regiones geográficas brasileñas: Norte, Sur, Centro, Noreste y Sureste. Además, los análisis se concentran sólo en la máxima eficiencia global y en cada año, van a basarse principalmente en los resultados de rendimientos constantes por el hecho de que son más restrictivos sus resultados en relación con el modelo variable. Puede verse la comparación en la Tabla 12.

Tabla 12. Número de universidades por Regiones y tamaño.

	<b>Grandes</b>	<b>Medianas</b>	<b>Pequeñas</b>	<b>Total</b>
Norte	2	2	4	8
Sur	4	4	1	9
Centro	4	0	1	5
Noreste	9	2	3	14
Sureste	8	9	2	19

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la región noreste es la que tiene mayor número de universidades grandes, mientras que la región norte tiene el menor número. Por otro lado, la región norte concentra el mayor número de universidades pequeñas. La región sureste posee el mayor número total de instituciones y la mayoría son grandes y medianas. La tabla 13 recoge el número de universidades con máxima performance en rendimientos constantes y variables.

Tabla 13. Número de universidades con máxima performance en rendimientos variables.

	<b>Eficiencia global DEA dinámico</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Norte	4	6	8	7	7	6	8	7	7
Sur	4	5	8	8	7	6	8	7	7
Centro	2	2	3	3	4	3	3	4	3
Noreste	1	6	6	10	8	9	8	6	10
Sureste	6	7	11	11	12	15	17	16	15

Fuente: Elaboración propia.

Puede observarse que hay tres regiones que tuvieron valores iguales en 2009 en el modelo contante, las dos primeras regiones han mejorado el aprovechamiento de la performance, es decir, empezaron con menos de la mitad – norte 4 eficientes para el total de 7 Universidades de la región y sur 4 eficientes para el total de 7 de la zona-, pero al final del periodo alcanzaron casi un 60%

El nivel de eficiencia más bajo de la región Norte se obtiene en 2009 con la caída del total de alumnos matriculados, seguido de 2013, en el que ha empeorado la cantidad de Universidades eficientes en el modelo de rendimientos constante, probablemente por el hecho de tener lugar una reducción del gasto corriente global anual de las universidades una media de un 20%.

A pesar de que las Universidades Federales de la región norte de Brasil han contribuido en la formación educativa de 16.027 personas y tienen juntas 171 programas de másteres y doctorados, que han aumentado en el período analizado (un 25% y un 68% respectivamente), no hay un incremento constante en la eficiencia, sino que hay periodos de mejora puntual y otros de descenso de la misma.

La región sur de Brasil presenta niveles de eficiencia mejorables, pues hay 4 universidades que alcanzan la máxima performance relativa de rendimientos variables. Asimismo, las Universidades de la región sur de Brasil son responsables de la formación de 18.813 estudiantes y tienen 420 programas de másteres y doctorados, con un incremento de un 30% y un 71%, respectivamente en el periodo analizado. Sin embargo, su eficiencia desde 2011 fue decreciente, posiblemente por el hecho de la disminución del gasto de capital en 2009 a 2016 de un 60%, y por tanto va en el mismo sentido que la región norte.

En la región central de Brasil hay 5 Universidades Federales, pero apenas un 40% de las universidades alcanzan la máxima eficiencia. Por ejemplo, la Universidad Federal de Grande Dourados, que al principio presentó niveles de eficiencia satisfactorios, ha tenido más variaciones en 2015 y 2016. Las otras Universidades no alcanzaron la máxima eficiencia, posiblemente debido a la reducción en media del 3.5% de los funcionarios en años consecutivos, generando una sobrecarga de trabajo en los docentes.

Por último, hay que señalar que la región es responsable de formar 13.142 personas y poseen 249 programas de másteres y doctorados, con un incremento de un 42% y un 87%, respectivamente. De forma similar a las demás regiones, se verifica la variación del gasto de capital en sentido decreciente, en media un 59% de reducción para el periodo analizado. Igualmente, la eficiencia está lejos de valores aceptables.

Por lo tanto, entre las regiones comparadas, fue la sureste la que obtuvo un mayor porcentaje de variación en el número de alumnos graduados y un incremento de programas de máster, seguida de las regiones sur y norte.

En la región noreste de Brasil, podemos apreciar que, las Universidades tienen valores muy inferiores a los aceptables. Con el modelo variable de escala sólo hay una universidad que logra la alta performance relativa global. Además, analizando los años se observa que hay 10 universidades que puntalmente presentan valores satisfactorios.

Es destacable que, a pesar de las dificultades en alcanzar la máxima performance relativa, hay una fuerte tendencia hacia al alza en el periodo analizado, es decir, al final del último año analizado incrementaran 9 Universidades la máxima performance.

Por último, el gasto de capital es analizado en las 14 Universidades de la región noreste en todos los años, y sólo en 3 casos hubo un aumento, en las otras 11 los valores caen significativamente, alcanzando una media de un 25.2% de reducción, lo que significa que los niveles de eficiencias son impactados con dicha disminución. Además, son responsables por la formación de 34.050 estudiantes y 589 programas de másteres y doctorados, con una variación de un 40% y un 60%, respectivamente.

La región Sureste, con 19 Universidades Federales, cuenta con 6 universidades con la máxima performance relativa en todo periodo analizado, que son UFLA, UFScar, UFABC, UNIFESP, UFMG y UFRJ. Por lo tanto, al menos un tercio de las Universidades de la región sureste tienen niveles de eficiencia satisfactorios.

Cabe señalar además que el gasto de capital presenta una reducción media de un 53% para 17 Universidades. Además, puede destacarse que en 2016 un 83.3% de las entidades presentan la máxima eficiencia relativa, Además, son responsables de la formación de 40.959 personas y poseen 826 programas de másteres y doctorados, un incremento medio de un 50% y 78%, respectivamente.

#### 4.4 FACTORES EXPLICATIVOS DE LA EFICIENCIA DE LAS UNIVERSIDADES FEDERALES

En relación a los factores de explicativos que pueden incidir en los resultados de eficiencia de las Universidades, ponemos en la tabla 10 las estadísticas descriptivas de las variables independientes y de la variable dependiente.

La performance de las Universidades fue en media 91.58%, con una variación total de 11.4%, es decir, pudiendo llegar a un nivel de 80.18% (el peor nivel) o la máxima eficiencia de un 100%. Entre las universidades observadas, la desviación estándar fue de 8.03%, mientras que la variabilidad en el periodo es igual a un 8.2%. Se observa que hay más variabilidad de performance en función del periodo analizado que entre las universidades.

La evaluación media de los programas de másteres y doctorados fue de 3.76, es decir, un poco por encima de la mitad del intervalo de calificación que es de 1 a 7 definido por la CAPES (Coordinación de Mejora de la Investigación y Enseñanza Superior). La máxima calificación es de 5.2, alcanzada por la Universidad Federal Minas Gerais, la cual tiene diversas investigaciones publicadas en periódicos internacionales. La variabilidad, es decir, la desviación estándar, es mayor entre las Universidades que a lo largo del tiempo.

Tabla 14. Estadísticas descriptivas de las variables.

Variable	Variación	Media	Desv. Est.	Min	Max	Número de observaciones
PER	Total	0.91586	0.11438	0.4295	1	N = 440
	Entre las universidades		0.08039	0.7325	1	n = 55
	En el periodo		0.08201	0.48745	1.13678	T = 8
NMD	Total	3.76657	0.52564	3	5.3	N = 440
	Entre las universidades		0.51985	3	5.20141	n = 55
	En el periodo		0.10178	3.4102	4.52598	T = 8
EDAD	Total	45.2636	27.5058	1	116	N = 440
	Entre las universidades		27.6311	4.5	112.5	n = 55
	En el periodo		2.2939	41.7636	48.7636	T = 8
PIBP	Total	3591.02	2106.39	739.434	17236.9	N = 440
	Entre las universidades		1577.03	1456.55	10384.2	n = 55
	En el periodo		1410.5	-1981	10443.7	T = 8
NGO	Total	79.6727	44.4506	7	248	N = 440
	Entre las universidades		43.4438	11.5	196.875	n = 55
	En el periodo		10.8898	24.7977	130.798	T = 8
PDOC	Total	0.68649	0.14426	0.34874	1	N = 440
	Entre las universidades		0.13725	0.37528	1	n = 55
	En el periodo		0.04768	0.52221	1.05329	T = 8
POB	Total	<b>6.89183</b>	0.44795	<b>5.6248</b>	7.65079	N = 440
	Entre las universidades		0.45131	<b>5.67661</b>	7.63195	n = 55
	En el periodo		0.015	<b>6.83607</b>	6.93244	T = 8

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la edad, en media las Universidades tienen 45 años con el máximo de antigüedad en 116 años, es decir, el proceso histórico de construcción de universidades es reciente comparado con países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). La variabilidad es mayor entre las universidades en 27 años que en el tiempo.

El número de grados ofrecidos por las Universidades es en media de 80, sin embargo, con alta variabilidad pudiendo llegar a 44 o 124. Es verdad que hay mucha más variabilidad entre las universidades que en todo período analizado; en concreto se observa una diferencia de 11 grados en los ochos años, sin embargo, 43 grados entre las universidades. La Universidad con más grados ofrecidos es la Federal de Pará con 248.

El porcentaje de docentes doctores en las Universidades Federales brasileñas es de 68.6%, alcanzando el máximo en 100% en el caso de la Universidad Federal de ABC y el mínimo en 34.87% en el año 2011 por la Universidad Federal de Amapá, no obstante, en los años siguientes la universidad ha aumentado la cantidad de doctores. La variabilidad es también superior entre las universidades que en todo periodo.

La variable población ha sido utilizado en escala logarítmica, con una media de 7.857.938 habitantes en cada estado brasileño, siendo el más poblado es estado de Sao Paulo con 44.749.699. Su variabilidad, sin duda, se observa más entre los estados que a lo largo de los años.

En cuanto a la renta per cápita, la media total se sitúa en 3.591 euro, con gran variabilidad, porque la desviación estándar total alcanza un 58.6%, es decir, la renta media brasileña es heterogénea. La zona con mayor renta per cápita es el Distrito Federal, donde está ubicada la capital de Brasil, Brasilia.

Con las estadísticas descriptivas definidas, será llevado a cabo el análisis a través del modelo de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE), tal como se ha descrito en la metodología. Posteriormente, hemos hecho el test de robustez del modelo econométrico elegido, así como el test de multicolinealidad, con el fin de identificar si los regresores tienen problemas de colinealidad con la variable a explicar, es decir, la performance. La tabla 15 recoge los resultados de la estimación.

Tabla 15. Resultados de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE).

Performance	Coef.	P-value	
Número de Grados Ofrecidos	0.0000652	0.815	Nivel de confianza 95%
Nota media de los programas de Másteres y Doctorados	-0.009457	0.699	
<b>Porcentaje de Doctores</b>	<b>1.923013</b>	<b>0.001</b>	
Edad	-0.001515	0.915	
<b>Población</b>	<b>-0.101044</b>	<b>0.034</b>	
Pib_Percapita	-1.1	0.05	

Fuente: elaboración propia.

En cuanto los factores internos que ejercen un impacto positivo estadísticamente significativo sobre la performance, solamente podemos mencionar el porcentaje de doctores (doct), lo que significa que cuantos más doctores hay en el cuerpo docente de la universidad mejores niveles de desempeño y, en consecuencia, las entidades con menos porcentaje de doctores en profesorado son las más ineficientes.

Esto refuerza la teoría organizacional que indica que las universidades están centradas en el conocimiento, en la formación continua de los profesores para que puedan ofrecer más calidad en proceso de aprendizaje académica. De acuerdo con Nonaka y Takeuchi (1995) la gestión de conocimiento es el ciclo de socialización, externalización, combinación y aprendizaje, es decir, más que investigaciones y publicaciones en revistas, el docente con doctorado suele estar más capacitado, lo que le habilita no sólo impartir clases sino también para gestionar las actividades desarrolladas en el ámbito académico. De este modo, contribuye de forma positiva para que las universidades tengan performances mejores.

En relación las variables externas, es posible verificar que el impacto de la población es estadísticamente significativo y negativo indica que si la densidad población es grande menor la eficiencia de la entidad. Mientras que, el pib per cápita del estado dónde pertenece la universidad nada contribuye con su performance, esto se debe, posiblemente, por el hecho de que la financiación de las universidades es proveniente del gobierno central brasileño.

Puede destacarse que las cinco universidades que obtuvieran la máxima eficiencia técnica en los dos modelos (UFLA de interior de Minas Gerais, UFScar, UFABC y UNIFESP y UNB), tienen en media un porcentaje de profesionales doctores del 88.55%. El benchmarking es UFABC con un 100% de los doctores, es decir, parece



ser que hay una estructura sólida para la formación y gestión, de modo que incluso con las adversidades del periodo obtienen la máxima performance relativa.

Al objeto de comprobar la validez del modelo, hacemos el test de robustez de la estimación, recogido en la tabla siguiente:

Tabla 16. Test de robustez de la regresión.

Enlace PROBIT		Enlace LOGIT	
Estructura de correlación =	independiente	Estructura de correlación =	independiente
Familia =	binomial 1	Familia =	binomial 1
Enlace =	probit	Enlace =	logit
p =	7	p =	7
trace =	3.872	Trace =	3.867
<b>QIC =</b>	<b>254.231</b>	QIC =	254.393
QIC_u =	260.487	QIC_u =	254.665
<b>Prob&gt;chi²</b>	<b>0.00130</b>	<b>Prob&gt;chi²</b>	<b>0.00110</b>
Corr =	ar 1	Corr =	ar 1
Familia =	binomial 1	Familia =	binomial 1
Enlace =	probit	Enlace =	logit
p =	7	p =	7
Trace =	3.352	Trace =	3.33
QIC =	253.555	QIC =	253.708
QIC_u =	260.852	QIC_u =	261.048

Fuente: elaboración propia.

En el modelo lineal general puede estimarse por regresión logística y probit con estructura de correlación de las variables independientes, es decir, las variables repuestas no están correlacionadas a lo largo del tiempo. En el modelo GEE la robustez es alcanzada, de acuerdo con Mcdonald (2009), dado que se obtiene significatividad en los dos modelos econométricos, es decir presentan robustez.

Ahora bien, cuando estimamos modelos lineales generalizados (GLM) el criterio de Akaike es el factor de información que es tenido en cuenta para la selección, por tratarse de máxima verosimilitud. En GEE se utiliza cuasi verosimilitud (QIC), también fundamental como criterio de información para seleccionar el modelo estimado.

Se aprecia que el modelo probit es el más indicado y el que finalmente fue elegido para hacer la estimación, debido a que el criterio QIC era menor, es decir, comparando los dos modelos econométricos, el que mejor se ajusta a la estructura de correlación de las variables observada es probit.

Por último, con la finalidad de averiguar si las variables independientes poseen problemas de colinealidad con la variable a ser explicada hay que llevar a cabo el test de multicolinealidad, que se muestra en la tabla 17.

La multicolinealidad es el problema derivado de la existencia de relaciones lineales entre dos o más variables independientes y la variable a ser explicada, la performance. Además, el hecho de utilizar datos en una serie temporal, podría producir tal efecto. Para hacer la verificación necesitamos analizar el factor de agrandamiento de la varianza (en inglés VIF, variation inflation factor).

Tabla 17. Test de Multicolinealidad.

Variable	VIF	1/VIF
NMD	2.94	0.340287
PDOC	2.65	0.377537
EDAD	1.89	0.529411
POB	1.88	0.532895
NGO	1.46	0.68564
PIBP	1.18	0.849395
Media VIF		2

Fuente: elaboración propia.

El VIF es la razón entre la varianza observada y la que habría sido en caso de que la performance no estuviera correlacionada con el resto de las variables independientes en el modelo, es decir, demuestra en qué medida se agranda la varianza del estimador como consecuencia de la relación con los regresores. De acuerdo con Novales et. al (2015), valores superiores a 10 hacen pensar en la posible existencia de multicolinealidad en el modelo.

Como puede observarse, todas las variables independientes están por debajo de 10, además, la media quedó en 2, es decir, el test asegura la no existencia de multicolinealidad con la variable dependiente, lo que nos lleva a validar la robustez de los regresores estimados por el modelo.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo trata de avanzar en el conocimiento de la eficiencia de las Universidades Federales de Brasil de carácter presencial. Concretamente, se pretende evaluar la eficiencia y valorar la influencia que tienen determinados factores de contexto sobre la mejora de su gestión. Para ello, se aplica el análisis DEA estático desarrollado

por Banker et. al (1984) y dinámico desarrollado por Tone y Tsutui (2010). En primer lugar, se utiliza la metodología DEA, tanto el estático variable como el dinámico, para evaluar la eficiencia técnica de las 68 Universidades públicas Federales presenciales brasileñas en el período de 2009 a 2016, aunque sólo encontramos información disponible para 55 instituciones. En segundo lugar, el trabajo analiza el impacto de algunas variables de contexto en los niveles de eficiencia, aplicando el análisis de Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE).

A la vista de los resultados, y principalmente en el primer análisis, se puede concluir que los niveles medios de eficiencia técnica alcanzados por las Universidades son aceptables, con una media nacional de 91.5%. Sin embargo, a partir de los mismos inputs las Universidades tienen potencial para mejorar su binomio eficiencia y cobertura en un 8.5%.

Evidenciamos, en primer lugar, que el grupo de las Universidades grandes tuvo eficiencia por encima de la media nacional en los dos modelos, siendo 92.8%. A pesar de que el grupo de las Universidades grandes tuvieron una reducción del 18% en los gastos corrientes anuales en el año 2015, ha aumentado el número de Universidades con la máxima performance en los dos modelos.

El grupo de la Universidades medianas obtuvo medias por debajo de la media nacional un 88%, es decir parece que ellas utilizan más recursos a generar los servicios. Además, han sufrido un fuerte impacto en los gastos corrientes anuales, si bien las reducciones fueron menores, 17%. En este sentido, hay mayor margen para desarrollar la performance en el grupo: a partir de los servicios generados se podrían minimizar un 12% más de los inputs.

Las Universidades pequeñas alcanzaron medias de eficiencia superior a la media nacional, con un 94%, lo que indica resultados satisfactorios, a pesar de que la frontera de eficiencia sea más baja en función de su tamaño. Por lo tanto, tiene la menor margen de mejoraren con un 6%.

Con relación al análisis comparativo entre regiones, se puede inferir que las Universidades Federales de la región norte y sur han tenido un aumento en el número de instituciones con la máxima eficiencia relativa, comportamiento distinto a la región central, que ha aumentado muy poco. Contradictoriamente, esta última es la región que presenta mayores aumentos en el número de alumnos graduados (42%) y programas de

máster y doctorado (87%), lo que nos indica una desproporcionalidad entre el uso de inputs y los outputs estudiados. Es decir, parece que hay situaciones de escasez sea de personal, docentes, alumnos y gastos corrientes en seguidos años.

Además, con respecto a las inversiones para ampliación de las Universidades, destaca la región sur, que ha alcanzado el mayor porcentaje de reducción (60% en el período), seguida de la región central con un 59%. La región norte alcanzó un volumen inferior al 30% en la mayoría.

En la región noreste se percibe una fuerte tendencia alcista de la máxima eficiencia relativa de las Universidades hasta 2011, aunque por debajo de la región sureste. Es destacable que la primera ha aumentado su máxima eficiencia relativa en un 67% de 2015 a 2016 con un escenario de reducción de los gastos corrientes, mientras que la región sureste sufre el impacto y ha caído un 6% en eficiencia. Es decir, a pesar de las dificultades, al final del último año analizado al menos 10 Universidades alcanzaron la máxima performance relativa en la primera región, mientras que la segunda tiene el mayor número de entidades eficientes del país con quince en el mismo año.

En relación al segundo objetivo, se puede decir que el porcentaje de doctores de cada universidad analizada es un factor que determina la performance positivamente, lo que es observable en las instituciones de la región sureste, con una media de un 83.5% en su cuerpo docente. Por el contrario, la variable poblacional influye negativamente en los resultados, es decir, las Universidades ubicadas en ciudades menos pobladas suele tener mejor desempeño.

La media poblacional de los estados brasileños es de 7.857.938, y las universidades ubicadas en regiones con poblaciones inferior a la media, contribuyen a una eficiencia satisfactoria. Es decir, al final cuanto menor es la población más positivamente influye en la eficiencia de la entidad, considerando que en el contexto brasileño las capitales tienen población media superior a 3.443.483.

Asimismo, se puede concluir que el modelo econométrico probit elegido es robusto, es decir, hay significatividad. Además, fue elegido porque se ajusta mejor a las variables utilizadas, pues presenta el menor valor de coeficiente de casi verosimilitud (QIC) comparándose con el modelo logit.

Se puede inferir que los regresores no presentan multicolinealidad en el tiempo con la variable performance, una vez que el factor de agrandamiento de la varianza es dos y la posibilidad de tener multicolinealidad es rechazada, por el hecho de ser menor que diez.

Para posibles futuros trabajos, cabe señalar la posibilidad de aplicar el DEA para las Universidades Estatales públicas brasileñas y averiguar cuáles son sus características intrínsecas para posibles comparaciones con las Federales. Por otro lado, podría aplicarse en la enseñanza secundaria y comparar los niveles de eficiencia con otros estudios análogos, averiguar el escenario, aunque la metodología impide observar cómo llevar a mejores resultados, sin embargo, ayuda descubrir posibles caminos a tener en cuenta.

Por último, hay que señalar que todos estos resultados podrían tener claras implicaciones políticas pudiendo ser utilizados como guías para los gestores, sociedad y gobierno, con el fin de adoptar medidas concretas para mejorar en la eficiencia técnica de las Universidades y tener en cuenta las variables que presentan influencia positiva y negativa en la performance.

## REFERENCIAS

- Abbott, M. y Doucouliagos, C. (2003). "The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis, *Economics of Educación Review*, nº 22, pp 89-97.
- Agasisti, T., Pérez, C (2010). Comparing Efficiency in a Cross-Country Perspective: The case of Italian and Spanish State. *Higher Education*, vol 59, pp.85-103.
- Ahn, T., Charnes, A. y Cooper, W. W. (1988). "Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning", *Socio-Economic Planning Science*, 22: 259-269.
- Ahn, T., y Seirford, Lawrence M. (1993) "Sensitive of DEA to Models and Variable Sets in a Hypothesis Test Setting: The Efficiency of University Operations", in *creative and innovative approaches to the Sciences of Management*, Y. IJIRI (ed.), Quorum Books, New York, pp.191-208.
- Astudillo, D. V. A. (2015). "Medición de la eficiencia estática y dinámica de las universidades mediante métodos: No paramétricos. Aplicación a las universidades públicas ecuatorianas. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, pp.142-146.

- Ayaviri N., Victor D. y Zamora E., G. (2016). "Medición de la eficiencia en las Universidades. Una propuesta metodológica". *Perspectivas*, Año 19 – N° 37 mayo 2016. pp. 7-22. Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Unidad Académica Regional Cochabamba. Clasificación JEL: D20, D29.
- Banker, R. D.; Charnes, A. y Cooper, W. W. (1984) "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in DEA", *Management Science*, 30: 1078-1092.
- Barbosa, A., Lima, S. C. y Brusca, I., (2016). "Governance and efficiency in the Brazilian water utilities: A dynamic analysis in the process of universal access," *Utilities Policy*, Elsevier, vol. 43(PA), pages 82-96.
- Barbosa, A. (2010) "Análisis de la gestión económico-financiera y universalización de los servicios públicos de abastecimiento y saneamiento de agua: una aplicación empírica para Brasil". Pp 104-110.
- Bobashev, G. V., y Anthony, J. C. (2000). Use of Alternating Logistic Regression in Studies of Drug Use Clustering. *Substance Use and Misuse*, 245-267.
- Buitrago Suescún, O., Espitia Cubillos, A., y Molano García, L. (2017). Data Envelopment Analysis for Efficiency Measurement on Higher Education Institutions: a State of the Art Review. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 147-173.
- Caves, Christensen, and Diewert. 1982. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica* 50: 1393-1414.
- Charnes, A.; Cooper, W., y Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Chalos, P., (1997) "An Examination of budgetary inefficiency in education using Data Envelopment Analysis". *Financial Accountability y Management*, 13, pp. 0267-4424.
- Coelli, Timothy J. Rao, D.S. Prasada; Battese, George E. y O'donnell, Christopher J. (1998), *An Introduction to Efficiency and productivity analysis*. 2° ed. Boston, US: Kluwer Academic Publishers.
- Díaz, G., Palacios, F. (2003). "Construcción de índices asociados a técnicas multivariadas y el Análisis Envolvente de Datos para los centros educativos distritales. Universidad de los Andes. Pp. 60-108.
- Duch, N. (2006). "La eficiencia de las Universidades Españolas", Informe C y D 2006. Universidad de Barcelona, IEB y Fundación Conocimiento y Desarrollo, 310-325.

Duch N. y Vilalta, M. (2010). “Can better governance increase university efficiency?” Document de treball de l’IEB 2010/52.

Edward, C. (2008). “Financiación, locación de recursos y eficiencia de las instituciones de enseñanza superior”, *Revista Economía Contemp.*, Rio de Janeiro, v.16, n.3, set-dez/2012.

Erasmus, F. Msigwa, R. (2013). “ Efficiency of Higher Learnig Institutions: Evidences from Public Universities in Tanzania. *Journal of Educacion and Practice*. Vol. 4, China, pp.1-11.

E.K. Espinal y O.R. Paredes (2017). “Modelos de ecuaciones de estimación generalizadas para el estudio de la evolución de pacientes con infarto agudo de miocardio”, *revista electrónica de la Universidad Ricardo Palma, Paideia XXI*, vol 5. n° 6, pp.126-134.

Farrell, M.J. (1957): “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical*.

Fare, R. Grosskopf. S. (1996) *Intertemporal production Frontiers with dynamic DEA*. Norwell.Kluwer.

Fernández S., Martínez C., A. y Fernández, J. M. (2013). “Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el Sistema Universitario Público español tras la implantación de la LOU”, *Hacienda Pública Española*, 205: 71-98.

Gómez-Sancho, J.M. y Mancebón M.J. (2012). “La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas españolas: en busca de una evaluación neutral entre Áreas de conocimiento”, *Presupuesto y Gasto Público*, 67: 43-70.

Gonzáles, M., Verdugo, G., (2008). Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos. *Curicó-Chile. Rev. Aporte Santiaguino*, pp. 245-256.

Johnes, J. y Taylor, J. (1990). *Performance Indicators in Higher Education*, Open University Press and the Society for Research into Higher Education, Milton Keynes.

Johnes, J. y Yu, L. (2008). “Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis”, *China Economic Review*, 19: 679–696.

- Kao, C., Tai, H., (2006). Efficiency analysis of university departments: An empirical study. Department of Industrial and Information Management, Tainan, Omega 36, pp. 653-664.
- Kempkes, G. y Pohl, C. (2010). “The efficiency of German universities: some evidence from nonparametric and parametric methods”, Applied Economics, 42: 2063-2079.
- Liang, K., y Zeger, S. (1986). “Longitudinal data analysis using generalized linear models”. Biometrika, 13-22.
- Martin, E. (2003). “An Application of the Data Envelopment Analysis Methodology in the Performance Assessment of the Zaragoza University Departments”, Documento de Trabajo 2003-06.
- Malmquist, S. 1953. Index Numbers and Indifference Surfaces. Trabajos de Estadística v4 n2. pp: 209-242.
- Nonaka I, Takeuchi H. (1995). “The Knowledge - Creating company”. The Oxford University Press, New York.
- Novales, A.; Salmerón, R.; García, C.; García, J. y López, M.M. (2015). “Tratamiento de la multicolinealidad aproximada mediante variables ortogonales”. Anales de Economía Aplicada, XXIX, 1212–1227.
- Nores M, y Díaz M. (2005) Construcción de modelos GEE para variables con distribución simétrica. Rev. SAE.2005;9:43-63
- MacDonald, J. (2009) “Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses Eur”. J. Operational Res., 197 (2009), pp. 792-798
- Parellada, M., y Duch, N. (2006) “Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions: An Application of Data Envelopment Analysis”. Economic Analysis y Policy, 4: 195-203.
- Pina, V.; Torres, L. (1992) “Evaluating the efficiency of nonprofit organizations: An application of data envelopment analysis to public health service”. Financ. Account. Manag. 1992, 8, 213–224.
- Pina, V.; Torres, L. (1995): “Evaluación del rendimiento de los departamentos de contabilidad de las universidades españolas.” Hacienda Pública Española 135- 4/1995.



Roman S. G., José G. P., María M. L. M. y Catalina G. G. (2016) “Collinearity diagnostic applied in ridge estimation through the variance inflation factor”, *Journal of Applied Statistics*, 43:10, 1831-1849, DOI: 10.1080/02664763.2015.1120712

Simar, L. y Wilson, P. W. (2000). “A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models”, *Journal of Applied Statistics*, 27(6): 779–802.

Segupta, J.K. (1997) “Persistence of dynamic efficiency in Farrel models”. *Applied Economics*, vol. 29. P.665-67.

Tone, K. Tsutsui, M. (2010) “Dynamic DEA, a slack-based measure approach”. *Omega*, vol. 38, p.145-156.2010.

Urueña, B. (2004): “¿Cómo medir la eficiencia de las empresas públicas autonómicas? Un estudio de casos con aplicación a Castilla y León”. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial. Universidad de Valladolid. Valladolid.

Urueña y Martin (2012) “La evaluación de la eficiencia en las universidades: un análisis de inputs y outputs por área de conocimiento”. *Regional and Sectoral Economic Studies*. Vol. 12-3

Vázquez Rojas, A. M. (2009). “Eficiencia de las Universidades Públicas Presenciales en España, mediante el Análisis Envolvente de Datos (2006-2007)”, *Investigaciones de Economía de la Educación*, 4: 357-365.

Villarreal, F., y Tohmé, F. (2017). “Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina”. *Estudios Generales*, 33(144), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.06.004>.

Paginas webs:

MEC: <https://www.mec.gov.br/>

INEP: <http://www.inep.gov.br/>

IBGE: <https://www.ibge.gov.br/>

CAPES: <http://www.capes.gov.br/>

Portal da Transparencia: <http://www.portaltransparencia.gov.br/>

Portal de Planejamento: <https://www1.siop.planejamento.gov.br>

Banco Central de Brasil: <http://www4.bcb.gov.br>

Web of Science: <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>

## ANEXOS

### Tabla de las Universidades brasileñas

Pequeñas		Medianas				Grandes			
1 -UFRR	RR	1-UFAC	AC	13-UNIFAL	MG	1-UFAM	AM	13-UFSCar	SP
2-UFRA	PA	2-UFT	TO	14-UFOP	MG	2-UFPA	PA	14-UFES	ES
3-UFCSPA	RS	3-UTFPR	PR	15-UFSJ	MG	3-UFPI	PI	15-UFJF	MG
4-UFRB	BA	4-UFCG	PB	16-UFV	MG	4-UFC	CE	16-UFMG	MG
5-UNIVASF	PE	5-UFRPE	PE	17-UFTM	MG	5-UFRN	RN	17-UFU	MG
6-UNIFEI	MG	6-UFRRJ	RJ			6-UFPB	PB	18-UFPR	PR
7-UFMG	MS	7-UNIRIO	RJ			7-UFPE	PE	19-UNIFESP	SP
8-UFERSA	RN	8-UFABC	SP			8-UFAL	AL	20-UFSC	SC
9-UNIR	RO	9-UFLA	MG			9-UFS	SE	21-UFMS	RS
10-UNIFAP	AP	10-UNIPAMPA	RS			10-UFBA	BA	22-UFRGS	RS
11-UFVJM	MG	11-UFPE	RS			11-UFRJ	RJ	23-UFMT	MT
		12-FURG	RS			12-UFF	RJ	24-UFG	GO
								25-UNB	DF
								26-UFMS	MS
								<b>27-UFMA</b>	<b>MA</b>

## **Tabla del Ranking de las universidades públicas.**

<b>Ranking</b>	<b>Universidades</b>	<b>Enseñanza</b>	<b>Investigación</b>	<b>Marca del laboratorio</b>	<b>Innovación</b>	<b>Internacionalización</b>	<b>Nota Total</b>
<b>1º</b>	Universidade de São Paulo (USP)	<b>5º</b>	1º	<b>1º</b>	8º	3º	97,52
<b>2º</b>	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	<b>3º</b>	5º	<b>2º</b>	1º	2º	97,29
<b>3º</b>	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	<b>1º</b>	7º	<b>2º</b>	4º	6º	96,38
<b>4º</b>	Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	<b>4º</b>	2º	<b>11º</b>	3º	11º	96,37
<b>5º</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	<b>2º</b>	4º	<b>13º</b>	12º	8º	95,58
<b>6º</b>	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	<b>7º</b>	8º	<b>26º</b>	13º	7º	92,30
<b>7º</b>	Universidade Federal do Paraná (UFPR)	<b>9º</b>	11º	<b>13º</b>	2º	25º	92,29
<b>8º</b>	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)	<b>15º</b>	6º	<b>7º</b>	26º	19º	92,01
<b>9º</b>	Universidade de Brasília (UNB)	<b>6º</b>	14º	<b>22º</b>	25º	13º	91,02
<b>10º</b>	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	<b>12º</b>	17º	<b>9º</b>	9º	23º	90,34
<b>11º</b>	Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)	<b>8º</b>	9º	<b>36º</b>	30º	18º	90,24
<b>12º</b>	Universidade Federal do Ceará (UFC)	<b>17º</b>	10º	<b>11º</b>	35º	22º	89,10
<b>13º</b>	Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	<b>28º</b>	12º	<b>9º</b>	33º	10º	87,71
<b>14º</b>	Universidade Federal da Bahia (UFBA)	<b>18º</b>	21º	<b>15º</b>	13º	15º	87,16
<b>15º</b>	Universidade Federal de Viçosa (UFV)	<b>10º</b>	13º	<b>59º</b>	5º	42º	86,49
<b>16º</b>	Universidade Federal Fluminense (UFF)	<b>14º</b>	27º	<b>18º</b>	26º	26º	85,89
<b>17º</b>	Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)	<b>11º</b>	3º	<b>99º</b>	28º	14º	85,15
<b>20º</b>	Universidade Federal de Goiás (UFG)	<b>21º</b>	28º	<b>18º</b>	29º	44º	83,60
<b>21º</b>	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	<b>13º</b>	18º	<b>59º</b>	42º	54º	83,46
<b>22º</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)	<b>25º</b>	25º	<b>32º</b>	47º	20º	82,70
<b>23º</b>	Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)	<b>20º</b>	23º	<b>45º</b>	59º	8º	82,59
<b>24º</b>	Universidade Estadual de Londrina (UEL)	<b>19º</b>	29º	<b>29º</b>	37º	50º	82,20

<b>25º</b>	Universidade Estadual de Maringá (UEM)	<b>23º</b>	24º	<b>32º</b>	50º	59º	82,16
<b>26º</b>	Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)	<b>41º</b>	30º	<b>29º</b>	16º	34º	79,87
<b>27º</b>	Universidade Federal do Pará (UFPA)	<b>44º</b>	32º	<b>26º</b>	20º	28º	78,96
<b>28º</b>	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	<b>27º</b>	33º	<b>45º</b>	31º	58º	78,93
<b>29º</b>	Universidade Federal de Lavras (UFLA)	<b>16º</b>	20º	<b>99º</b>	15º	57º	78,82
<b>30º</b>	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	<b>38º</b>	34º	<b>45º</b>	61º	55º	76,75
<b>32º</b>	Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)	<b>24º</b>	15º	<b>134º</b>	41º	32º	74,82
<b>34º</b>	Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)	<b>40º</b>	43º	<b>32º</b>	98º	63º	73,87
<b>35º</b>	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)	<b>26º</b>	37º	<b>99º</b>	65º	78º	71,78
<b>37º</b>	Fundação Universidade Federal do Abc (UFABC)	<b>31º</b>	16º	<b>170º</b>	73º	1º	70,34
<b>38º</b>	Universidade Federal de Sergipe (UFS)	<b>75º</b>	42º	<b>36º</b>	57º	51º	69,63
<b>39º</b>	Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)	<b>33º</b>	38º	<b>134º</b>	19º	31º	68,90
<b>40º</b>	Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)	<b>39º</b>	55º	<b>71º</b>	50º	104º	68,29
<b>41º</b>	Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)	<b>43º</b>	52º	<b>71º</b>	84º	114º	67,40
<b>43º</b>	Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)	<b>48º</b>	26º	<b>161º</b>	18º	56º	66,68
<b>44º</b>	Universidade Federal de Alagoas (UFAL)	<b>95º</b>	45º	<b>36º</b>	65º	40º	66,28
<b>46º</b>	Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)	<b>51º</b>	40º	<b>120º</b>	35º	65º	65,98
<b>47º</b>	Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	<b>58º</b>	58º	<b>59º</b>	37º	62º	65,91
<b>48º</b>	Universidade Federal do Piauí (UFPI)	<b>64º</b>	60º	<b>32º</b>	78º	118º	65,90
<b>49º</b>	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)	<b>60º</b>	50º	<b>71º</b>	58º	82º	65,69
<b>50º</b>	Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)	<b>29º</b>	41º	<b>148º</b>	141º	78º	65,09
<b>51º</b>	Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)	<b>54º</b>	47º	<b>99º</b>	54º	41º	64,85
<b>52º</b>	Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ)	<b>67º</b>	31º	<b>134º</b>	53º	4º	64,79
<b>53º</b>	Universidade Federal do Rio Grande (FURG)	<b>45º</b>	35º	<b>161º</b>	92º	37º	64,30

<b>55º</b>	Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	<b>30º</b>	65º	<b>120<sub>o</sub></b>	22º	76º	63,91
<b>57º</b>	Universidade Estadual do Ceará (UECE)	<b>92º</b>	51º	<b>45º</b>	86º	87º	63,42
<b>58º</b>	Universidade Federal do Maranhão (UFMA)	<b>73º</b>	68º	<b>45º</b>	34º	98º	62,70
<b>59º</b>	Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)	<b>42º</b>	48º	<b>161<sub>o</sub></b>	11º	35º	62,64
<b>60º</b>	Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)	<b>68º</b>	53º	<b>86º</b>	111º	37º	62,50
<b>61º</b>	Fundação Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)	<b>32º</b>	36º	-	140º	47º	61,72
<b>62º</b>	Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)	<b>52º</b>	64º	<b>99º</b>	32º	127º	61,70
<b>64º</b>	Universidade de Pernambuco (UPE)	<b>96º</b>	59º	<b>45º</b>	90º	61º	61,43
<b>66º</b>	Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)	<b>81º</b>	39º	<b>134<sub>o</sub></b>	49º	90º	59,65
<b>67º</b>	Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)	<b>47º</b>	54º	<b>148<sub>o</sub></b>	87º	105º	59,27
<b>69º</b>	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)	<b>63º</b>	56º	<b>134<sub>o</sub></b>	106º	53º	57,58